



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica
Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica

Eficiencia energética en el sistema de expansión directa y el sistema VRV de aire acondicionado en una oficina

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista

AUTOR

Luis Eduardo Gilmar CÓNDOR MARTINEZ

ASESOR

Hipólito Martín RODRÍGUEZ CASAVILCA

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Cóndor, L. (2021). *Eficiencia energética en el sistema de expansión directa y el sistema VRV de aire acondicionado en una oficina*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Hoja de metadatos complementarios

Código ORCID del autor	“—”
DNI o pasaporte del autor	71782621
Código ORCID del asesor	0000-0003-1728-4487
DNI o pasaporte del asesor	21461869
Grupo de investigación	GRUPO ECOLÓGICO SAN MARCOS
Agencia financiadora	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación	Lima Av. Primavera 607 Ofic. 502 -12.110335974227675, - 76.9868533842148
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Dos años
Disciplinas OCDE	2.02.01 Ingeniería eléctrica, Ingeniería electrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA

ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 002-EPIEI-FIEE/2021

**TESIS N° 002-FIEE/2021 PARA OPTAR EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRICISTA**

Los suscritos Miembros de Jurado, nombrados por la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica, reunidos en la fecha, bajo la Presidencia de la Dra. Teresa Esther Núñez Zúñiga e integrado por los Ingenieros: Mg. Alfredo Rocha Jara, Ing. Manuel Casas Salazar y el Mg. Hipólito Rodríguez Casavilca (Miembro -Asesor)

Después de escuchar la Sustentación de Tesis del Bachiller LUIS EDUARDO GILMAR CÓNDR MARTINEZ (12190216), para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista por la modalidad de Titulación Ordinaria, quien expuso su TESIS: "EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SISTEMA DE EXPANSIÓN DIRECTA Y EL SISTEMA VRV DE AIRE ACONDICIONADO EN UNA OFICINA".

Se acordó **aprobarlo** por **por unanimidad**

Con la Nota de **Catorce (14)**

Ciudad Universitaria, 20 de Febrero de 2021

Dra. Teresa Esther Núñez Zúñiga
Presidenta de Jurado

Mg. Alfredo Rocha Jara
Miembro de Jurado

Ing. Manuel Casas Salazar
Miembro de Jurado

Mg. Hipólito Rodríguez Casavilca
Miembro de Jurado-Asesor



UNMSM

Firmado digitalmente por PONCE
MARTINEZ Luis Mark Rudy FAU
20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 05.03.2021 11:29:27 -05:00

Mg. Luis Mark Rudy Ponce Martínez
Director de la EPIEI



UNMSM

Firmado digitalmente por UTRILLA
SALAZAR Dario FAU 20148092282
soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 08.03.2021 23:24:38 -05:00

Dr. Dario Utrilla Salazar
Decano FIEE – UNMSM

Dedicatoria

A la Dios por haberme dado lo más hermoso que es mi familia, a mis padres Gilmár y Maritza por su dedicación y apoyo incondicional; a ti Yuri por acompañarme en mis mejores y difíciles momentos y a mi pequeña Miranda, por ser la razón de mi vida y motor de mis proyectos.

Luis Eduardo Gilmár

Agradecimientos

A mi alma mater y maestros por todos esos años de conocimientos impartidos en las aulas universitarias que fortalecieron mi vocación y mi formación profesional.

A mi asesor Dr. Ing. Hipólito Rodríguez Casavilca por la orientación brindada y su disposición hacia la investigación, además de ser un gran docente.

RESUMEN

La investigación pretende responder a la problemática de demostrar la eficiencia energética y de costos con un mejor funcionamiento comparando dos sistemas de aire acondicionado comúnmente usados por los usuarios de estos servicios. El objetivo planteado fue: Determinar la eficiencia energética entre el sistema de expansión directa y el Sistema VRV de aire acondicionado en una oficina de la Empresa AZZURRA CONSTRUCTORES ubicada en la ciudad de Lima, con el propósito de obtener el título profesional de Ingeniero Electricista en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Considerando que este espacio tiene grandes dimensiones y equipos que generan calor, ante esto se colocaron ventiladores en el techo debido a que los usuarios tienen demasiado calor en la estación de verano en especial en los meses de diciembre a marzo, situación que logra remover el aire caliente, siente incomodidad calorífica en esos meses y bochorno que indudablemente no es agradable la permanencia bajo esas condiciones; tal situación hace que se abran las ventanas e ingresen partículas y polvo que afectan a las personas y a los equipos de cómputo que se utilizan para su trabajo. Por otra parte, en los meses de invierno por el frío, se cierran las ventanas; lo que genera que el aire no se renueve adecuadamente, dando lugar a que el oxígeno al interior del ambiente disminuya y afecte el rendimiento de las personas, y por consiguiente provoca somnolencia y fastidio, pues es un ambiente saturado de aire sin renovar.

En tal sentido, la investigación plantea el diseño de dos sistemas de aire acondicionado en dicha oficina, para lo cual se demostró que el sistema VRV tiene un mayor ahorro en consumo energético en comparación al sistema de expansión directa, considerando algunos de los parámetros siguientes: (1) Utilización del ambiente, (2) Dimensiones del local y (3) Cargas térmicas involucradas, donde se ha verificado la eficiencia económica y ambiental de estos dos sistemas. Conclusión: Se logró determinar la eficiencia energética entre el sistema de expansión directa y el Sistema VRV de aire acondicionado en una oficina a partir de los parámetros establecidos como el ahorro económico y disminución de contaminación ambiental en menos de un año, cuyo resultado fue hallado en base al consumo de los equipos.

Palabras Claves: eficiencia energética, aire acondicionado VRV, sistema de expansión directa, oficina.

ABSTRACT

The research aims to respond to the problem of demonstrating energy and cost efficiency with better performance by comparing two air conditioning systems commonly used by users of these services. The objective was to: Determine the energy efficiency between the direct expansion system and the VRV system of air conditioning in an office of the AZZURRA CONSTRUCTORES Company located in the city of Lima, with the purpose of obtaining the professional title of Electrical Engineer in the National University of San Marcos.

Considering that this space has large dimensions and equipment that generate heat, fans were placed on the ceiling due to the fact that users are too hot in the summer season, especially in the months of December to March, a situation that manages to remove the air hot, feels discomfort calorific in those months and embarrassment that undoubtedly it is not pleasant to stay under those conditions; This situation causes windows to open and particles and dust that affect people and computer equipment used for their work. On the other hand, in the winter months due to the cold, the windows are closed; what generates that the air is not renewed properly, giving rise to that the oxygen inside the environment diminishes and affects the performance of the people, and therefore it causes drowsiness and annoyance, because it is a saturated atmosphere of air without renewing.

In this regard, the research proposes the design of two air conditioning systems in said office, for which it was shown that the VRV system has a greater saving in energy consumption compared to the direct expansion system, considering some of the following parameters: (1) Use of the environment, (2) Dimensions of the premises and (3) thermal loads involved, where the economic and environmental efficiency of these two systems has been verified. Conclusion: It was possible to determine the energy efficiency between the direct expansion system and the VRV system of air conditioning in an office based on the parameters established as economic savings and reduction of environmental pollution in less than a year, the result of which was found in equipment consumption base.

Keywords: energy efficiency, VRV air conditioning, direct expansion system, office.

Tabla de Contenido

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
Tabla de Contenido	vi
Lista de tablas	ix
Lista de figuras	xi
INTRODUCCION.....	xii
Capítulo I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Problema actual.....	1
1.2 Justificación de la investigación	3
Justificación teórica.....	3
1.3 Objetivos de la investigación	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
Capítulo II	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Antecedentes de la investigación	5
2.1.1 Investigaciones a nivel internacional	5
2.1.2 Investigaciones a nivel nacional	8
2.2 Bases teóricas	10
2.2.1 Eficiencia energética,.....	11
2.2.2 Sistemas de aire acondicionado	25
2.2.4 Principios de la termodinámica.....	38
2.3 Glosario	39
2.3.1 Eficiencia energética.....	39
2.3.2 Sistema de aire acondicionado VRV	39

2.3.3 Sistema convencional de expansion directa.	40
2.3.4 Carga térmica	40
2.3.5 Costos de instalación.....	40
2.3.6 Zonas de confort	40
2.3.7 Temperatura	40
2.3.8 Humedad	40
2.3.9 Condensadores	41
2.3.10 Evaporadores.....	41
Capítulo III.....	42
MARCO METODOLOGICO.....	42
3.1 Metodología de la Investigación	42
3.1.1 Universo y muestra.....	43
3.1.2 Métodos del proyecto	43
3.1.3. Medios e Instrumentos.....	45
3.3 Hipótesis.....	48
3.3.1 Hipótesis General.....	48
3.3.2 Hipótesis específicas.....	48
Capítulo IV	49
RESULTADOS Y EVALUACION DEL SISTEMA.....	49
1.1 Plano de arquitectura de las oficinas de la empresa AZURRA CONSTRUCTORES SAC.....	49
4.2 Cálculo de carga térmica de las oficinas y ambientes de la empresa AZURRA CONSTRUCTORES SAC.	50
4.3 Selección de la capacidad de los equipos de aire acondicionado: Expansión directa y VRV	63
4.4. Diseño de los sistemas en las oficinas de la empresa AZURRA CONSTRUCTORES SAC ...	67
4.4.1 Diseño del sistema de expansión directo	67
4.4.2 Diseño del sistema VRV.....	69
4.5 Costos.....	71
4.5.1 Costos de equipamiento	71
4.5.2 Costos de instalación	72

4.5.2.1 Costos de instalación de sistema Convencional de expansión directa.....	73
4.5.2.2 Costos de instalación de sistema VRV	87
4.5.2.3 Costos de acometida eléctrica e instalación de equipo del inyector de aire fresco.....	95
Capítulo V	102
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
5.1. Conclusiones	102
5.2. Recomendaciones.....	103
Capítulo VI	104
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	104
ANEXOS	110

Lista de tablas

Tabla 1	18
Tabla 2	19
Tabla 3	43
Tabla 4	52
Tabla 5	53
Tabla 6	54
Tabla 7	55
Tabla 8	56
Tabla 9	57
Tabla 10	58
Tabla 11	59
Tabla 12	60
Tabla 13	61
Tabla 14	62
Tabla 15	63
Tabla 16	64
Tabla 17	65
Tabla 18	65
Tabla 19	66
Tabla 20	66
Tabla 21	68
Tabla 22	70
Tabla 23	71
Tabla 24	72
Tabla 25	73
Tabla 26	75
Tabla 27	76

Tabla 28.....	77
Tabla 29.....	78
Tabla 30.....	79
Tabla 31.....	80
Tabla 32.....	81
Tabla 33.....	82
Tabla 34.....	83
Tabla 35.....	84
Tabla 36.....	85
Tabla 37.....	86
Tabla 38.....	87
Tabla 39.....	88
Tabla 40.....	90
Tabla 41.....	92
Tabla 42.....	93
Tabla 43.....	94
Tabla 44.....	96
Tabla 45.....	97
Tabla 46.....	97
Tabla 47.....	98
Tabla 48.....	99
Tabla 49.....	100
Tabla 50.....	100
Tabla 51.....	101
Tabla 52.....	101

Lista de figuras

Figura 1. Trilema energéticos (Consejo Mundial de Energía).....	14
Figura 2. Trilema de sostenibilidad energética: grupos típicos.	16
Figura 3. Indicadores del Trilema de sostenibilidad energética.	17
Figura 4. Relación consumo de energía Per Cápita vs. PBI per Cápita, minem.gob.pe	20
Figura 5. Cultura de actividades del Uso eficiente de energía (UEE)	23
Figura 6. Programas Sectoriales del Uso de la Eficiencia Energética	25
Figura 7. Ciclo de refrigeración: expansión directa, condensación por aire.....	28
Figura 8. Ciclo de refrigeración: expansión indirecta. Condensación por aire.....	29
Figura 9. Ciclo de refrigeración: expansión indirecta. Condensación por agua	29
Figura 10. Cuadro de diferencias entre el sistema de aire acondicionado convencional y el sistema VRV.	34
Figura 11. Instalación de sistema VRV con toma de aire exterior y unidades de renovación de aire.	36
Figura 12. Diagrama de productos Daikin.....	37
Figura 13. Zona de Confort en relación a la humedad relativa y temperatura.....	38
Figura 14. Cálculo de trabajo en mecánica.....	39
Figura 15. Software AUTOCAD, 2016	45
Figura 16. Software DUCTSIZER, 2016	46
Figura 17. Software Xpress 8.6.5 DIL 13.8.8 Perú.	46
Figura 18. Tabla de cálculo térmico.	47
Figura 19. Plano de Arquitectura Primer piso. AZURRA CONSTRUCTORES SAC.	49
Figura 20. Plano de arquitectura del techo de las Oficina de AZURRA CONSTRUCTORES SAC.	50

INTRODUCCION

Es una investigación denominada: Eficiencia energética en el Sistema de Expansión Directa y el Sistema VRV de Aire Acondicionado en una Oficina, cuyo propósito es obtener el título profesional de Ingeniero Electricista de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

En la actualidad el estudio de la eficiencia energética desde una mirada del ahorro de la energía, uso de una energía útil y la energía empleada; debe ser comprendida como la disminución del gasto eléctrico para el presente servicio, a la luz de los avances en la tecnología y mejoras en la gestión. Para AEDENAT et al (1998) señala que es:

La eficiencia energética es la obtención de los mismos bienes y servicios energéticos , pero con mucha menos energía, con la misma ó mayor calidad de vida, con menos contaminación, a un precio inferior al actual, alargando la vida de los recursos y con menos conflicto. Citado en (Viceministerio de Desarrollo Energético, 2013)

Es así que la investigación tomando en consideración esta situación ha estimado la eficiencia energética en la instalación y mantenimiento de dos sistemas de aire acondicionado diferentes que hoy en día por efecto del clima la estación de verano se tienen con mayor temperatura y son muy calurosos y por lo tanto se necesita áreas de confort en los espacios instalados y por consiguiente un superior rendimiento laboral de

trabajadores que se encuentran laborando o consumidores clientes que se beneficiaran con el uso de estos sistemas de acondicionamiento.

Para una mejor comprensión, la investigación se ha organizado de la manera siguiente:

En el Capítulo I, Planteamiento del problema: donde se trata el problema actual, la justificación de la investigación y los objetivos. En el Capítulo II: Marco teórico, donde se considera los antecedentes de la investigación, bases teóricas y glosario. En el Capítulo III trata sobre el Marco Metodológico, el cual fundamenta, la metodología a emplear, universo y muestra, así como la hipótesis de la investigación. En el Capítulo IV, se desarrolla los Resultados y la evaluación del sistema donde se da una explicación sobre los cálculos realizados y la evaluación de ambos sistemas de aire acondicionado en el Capítulo V sobre Conclusiones y recomendaciones. Las referencias bibliográficas y los anexos respectivos.

Capítulo I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Problema actual

Los seres humanos durante el desarrollo de su vida se han visto influenciados por determinados elementos externos, siendo el confort de los ambientes donde transcurre sus actividades laborales y sociales es más importante. En las últimas décadas y con el avance de la tecnología de incorporación de sistemas de ventilación el uso de estos se hace frecuente, debido a que se ha detectado que uno de los problemas más grandes de las oficinas de las entidades públicas y privadas y lugares públicos, es la incomodidad del personal, a consecuencia de las elevadas temperaturas dentro de estos espacios; provocando que los empleados y clientes se retiren lo más antes posible, ya que con la concentración de las personas en dichas espacios la sensación térmica de calor es altamente incómoda.

Esta situación descrita está relacionada a dar respuesta al riesgo energético que es parte de nuestra humanidad, donde los estudios proyectan un futuro desabastecimiento de las fuentes importantes de energía, los enfrentamientos para obtenerlas, las altas tasas de pago por este servicio a las poblaciones, pero además de dar una salida al cambio climático y a la pérdida de la calidad originada por la contaminación diaria. Citado en (Matesanz, 2008).

Por este motivo, se debe tomar en cuenta lo descrito y las necesidades de los empleados de las oficinas de las entidades públicas y privadas donde deciden

acondicionar el ambiente mediante sistemas de aire acondicionado, encontrándose en una disyuntiva de que clase o tipo de instalación realizar, a fin que pueda ahorrar minimizando costos y cuidar el medio ambiente; consiguiendo un confort térmico y de esta manera un mayor rendimiento laboral del personal y una mejor estadía y comodidad para sus clientes.

En este sentido, la verdadera intención investigativa es la demostración de la eficiencia energética considerando que es la optimización de la relación entre la cantidad de energía usada y los productos y servicios que se obtienen como es la instalación y funcionamiento de estos dos sistemas de aire acondicionado, donde se plantea el ahorro de energía eléctrica mediante un sistema VRV, y que este ahorro sea económico para la empresa aunque sea más cara la instalación pero se verá en el tiempo la recuperación del dinero invertido, comparando con otro tipo de sistema de aire acondicionado de uso común denominado sistema de expansión directa, en cuanto a los kW/h que se usarán en comparación a este último sistema. Igual importancia tendrá el confirmar que la eficiencia energética contribuirá a gestionar mejor la conservación del medio ambiente.

En las oficinas donde se brinda servicios ingenieriles como es el caso de la Empresa AZZURRA CONSTRUCTORES ubicado en la ciudad de Lima, se desarrollan una serie de acciones como parte de sus objetivos y metas empresariales, aquí laboran un conjunto de personas entre profesionales, técnicos y auxiliares que son el soporte de los servicios que brindan a los clientes, quienes requieren de un ambiente de comodidad para poder trabajar óptimamente, por estos motivos se ha considerado realizar la investigación en este lugar, diseñando ambos sistemas de aire acondicionado y de acuerdo al análisis realizado responder ¿Cuál de los dos sistemas nos permitirá tener una mayor eficiencia energética que como consecuencia nos llevará a un ahorro económico y a darle una mayor sostenibilidad a los recursos renovables en el país? Tal contestación es el motivo de la

presente investigación que pretende analizar el problema de la eficiencia energética en estos espacios públicos, proporcionando un sustento económico y ecológico de una mejor inversión y confort en relación a los sistemas de aire acondicionado para las personas que laboran y aquellos clientes que desarrollan actividades de coordinación y relaciones comerciales.

1.2 Justificación de la investigación

Justificación teórica

Esta investigación se realiza con la intención de aportar en el conocimiento de la eficiencia energética, pretendiendo que las personas reciban el mismo servicio con el menor consumo eléctrico posible; motivo que el aire acondicionado en estos momentos ya no es un lujo tenerlo, sino una necesidad; en tanto que estamos en tiempo meteorológicos totalmente cambiantes, además de la humedad, que en la costa es demasiado alto, superando la 90 porciento de humedad relativa. La limpieza del aire que respiramos también es un factor importante para la salud, pues necesita ser filtrado y renovado constantemente; en esta tesis se tuvo en cuenta todos estos aspectos para que el personal y cliente se sienta en un ambiente limpio, acondicionado y con humedad dentro de lo normal que es 50 al 55 %.

Los resultados de la investigación permiten proponer un diseño de aire acondicionado propuesto por Carrier el siglo pasado (enfriamiento de espacios por la alta carga térmica); teniendo en cuenta la carga térmica del ambiente y planteando dos sistemas de aire acondicionado: Sistema VRV y Sistema convencional de expansión directa que contrarreste la carga térmica generada; demostrando cuál de los dos sistemas tienen una mayor eficiencia energética, cuyos conocimientos serán incorporado a las ciencias de la ingeniería.

Justificación practica

La investigación reconoce la necesidad de estimar cuanto es el consumo eléctrico de cada sistema manteniendo los mismos horarios de operación durante las jornadas de trabajo y conociendo que los equipos van a trabajar a capacidad nominal, si bien es cierto en esta tesis se puede demostrar que el sistema convencional de expansión directa es más ahorradora que el de VRV en su instalación; sin embargo el resultado permitir destacar que al cabo de unos años el sistema VRV genera mayor ahorro económico por el motivo que tienen una mayor eficiencia energética.

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar la eficiencia energética entre el sistema de expansión directa y el Sistema VRV de aire acondicionado en una oficina.

1.3.2 Objetivos específicos

Calcular el consumo eléctrico de ambos sistemas de aire acondicionado.

Estimar los costos de instalación y equipamiento del sistema de convencional de expansión directa y el Sistema VRV de aire acondicionado.

Identificar el sistema de aire acondicionado de mayor eficiencia energética que al cabo de cuantos años generará ahorro económico.

Capítulo II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Los antecedentes que se han tomado en cuenta para la investigación porque coinciden con las variables a investigar; están basados en estudios realizados en el campo de la Ingeniería.

2.1.1 Investigaciones a nivel internacional

Madrigal, Cabello, Sagastume, & Balbis, (2018) en su investigación denominada: *Evaluación de la Climatización en Locales Comerciales, Integrando Técnicas de Termografía, Simulación y Modelado por Elementos Finitos*, plantearon la integración de dichas técnicas, para hallar problemas sobre climatización que usadas en forma individual son insuficientes para apreciar un sistema de aire acondicionado. Utilizaron la técnica de la termografía para examinar la información recogida que se observa en las imágenes térmicas del aire en la zona de estudio, tomando en cuenta: los focos calientes en el interior del local. Con la siguiente técnica de la simulación a través del software Trnsys obtuvieron la actuación de la temperatura interior que les permitió estimar el perfil de carga térmica. Con el apoyo de una computadora inventaron un modelo espacial del área climatizada y con el método de los elementos finitos modelaron el movimiento del aire y la distribución de la temperatura en el espacio. Por último, se plantearon un nuevo diseño

para el sistema de frío considerando las conclusiones valiosas de la integración de los instrumentos descritos.

Parreño (2016) desarrollo una investigación denominado: *Diseño y cálculo de un sistema industrial de climatización con unidades de paquete y split ducto para la Azucarera Valdez S.A. de la ciudad de Milagro*, tuvo como objetivo realizar el cálculo de un sistema de climatización adecuado y eficaz para la industria azucarera. En esta tesis se puede hallar los conocimientos suficientes para que se pueda desarrollar el diseño y cálculo de un sistema de enfriamiento que sirva para aplicar a áreas industriales. Así mismo, alcanzar una guía para la aplicación del cálculo de equipos de aire acondicionado que corresponden a un área determinada. En este sentido, es importante señala el autor identificar los valores exactos, sobre el espacio que se requiere dar las condiciones adecuadas de temperatura, humedad del aire en el área de acuerdo a su superficie y volumen; de esta manera apreciar un sistema óptimo, que de no ser así puede afectar a los usuarios de dicho espacio con un sistema defectuoso de aire acondicionado. Los investigadores concluyen que siempre se debe estar dimensionando la capacidad de los equipos que están en funcionamiento y contar con equipos de remplazo por situaciones de mantenimiento. Esta recomendación es de suma importancia porque una equivocación puede originar pérdidas económicas.

Ortega (2015) quien investigó con el título de: *Optimización energética de un sistema de climatización para un centro de datos, Universidad Nacional Autónoma de México*. El estudio señala la optimización energética del CPD, referido mejoramiento del proceso de climatización para lograr la eficiencia energética en materia de climatización. El investigador señala que este proceso consiste principalmente en realizar un análisis de

la infraestructura de tal forma de obtener un estudio de carga térmica para dimensionar el sistema de climatización adecuado. En dicha investigación el autor describió y analizó las condiciones eléctricas del Centro de Procesamiento de datos, con la finalidad de conocer la distribución eléctrica para determinar la factibilidad de la instalación del equipo de Climatización. La proyección de este sistema se llevó cabo con pleno apego a estándares de la ASRHAE, para condiciones de control de la calidad del aire dentro de este tipo de Centros, además de la Norma Oficial Mexicana 001 de Instalaciones Eléctricas. Concluyeron que investigar el consumo de energía eléctrica, permitió obtener mejoras económicas en la reducción de consumo energético, esto a su vez representó un proyecto eficiente, confiable muy necesario para cumplir con la propuesta, en comparación al equipo de climatización que le antecedió. Este último punto influye de manera directa en la realización de proyectos de ingeniería, ya que mediante un análisis de indicadores de rentabilidad nos permitió conocer que tan rentable resulta en invertir en equipos de esta índole.

Bolivar & Martinez, (2014) realizaron una investigación titulada: *Estudio de eficiencia energética de equipos y sistemas de aire acondicionado en la edificación del bloque G de la Universidad Autónoma del Caribe*. Investigación que considera a la eficiencia energética en edificaciones que es un asunto muy interesante en la actualidad, teniendo en cuenta las numerosas ventajas que tiene. En Colombia es un espacio de estudio novedoso siendo importante aplicarlo en las diferentes organizaciones, particularmente en el ámbito universitario. Los autores señalan que se debe lograr conclusiones optimas en cuanto a la Eficiencia Energética, recalcan que es propicio desarrollar un estudio específico de todas las variables que participan en una edificación; examinando y comparando sobre todo la energía que se gasta y la que según sus cálculos

debería gastarse. Todo lo señalado, resume en la necesidad de buscar soluciones y alternativas eficientes de mejora ante las posibles fallas que puedan darse en los sistemas planteado como propósito para la realización del proyecto de investigación, desde el enfoque de los equipos de climatización haciendo uso del programa informático de simulación de energía y cálculo de carga térmica CYPE.

2.1.2 Investigaciones a nivel nacional

Gaspar (2019) investigación denominada: *Recirculación del aire acondicionado que ingresa al Hotel María Angola-Miraflores, para reducir el consumo de energía en instalaciones de climatización*. Universidad Nacional del Centro del Perú. Se propuso como objetivo: Recircular el aire climatizado que entra al Hotel María Angola Miraflores, que permita disminuir la utilización de energía, es decir, determinar específicamente el flujo de aire que debe regresar al hotel y reducir el consumo, sobre todo en la estación de verano donde se elevan las temperaturas ambientales. Utilizo como método el explicativo, tipo básico y de nivel descriptiva. Los resultados señalaron que el estudio es muy importante a diferencia de otras investigaciones donde dejan de lado los cálculos proporcionales de aire que se mueve en círculo en el ambiente, optimizando y retornando una adecuada proporción de aire, con el propósito de disminuir el consumo de energía, hecho que se debe considerar para proseguir a expulsar al ambiente. El estudio concluyó, que los espacios instalados cuando se realiza en forma clásica dichas instalaciones de flujo y expulsión son directos, es decir no regresa el aire al local y es arrojado al exterior, observándose de esta manera que una cantidad mínima de aire retorna, perdiéndose el resto de aire que no se contamina por conocimientos teóricos y que se podría reutilizar.

Rodas (2018) quien investigo sobre: *Diseño de un sistema de aire acondicionado de bajo costo de operación para las oficinas administrativas del cuarto piso del edificio de Ingeniería USAT – Chiclayo*. Tuvo como propósito plantear un boceto de un sistema de climatización de poco costo de operación para un local destinado a labores de oficina, en la ciudad de Chiclayo. El espacio en mención actualmente tiene servicio de acondicionamiento con sistemas tradicionales de climatización que provoca elevado gasto de energía sobre todo en la estación de verano donde su uso es mayor. Así como impulsar el desarrollo de sistemas modernos de climatización con un mínimo costo de operación implementados en las oficinas y centros de trabajo, aportando prioritariamente en la protección del medioambiente. Con anticipación a la implementación de la investigación se tuvo que identificar los sistemas de climatización, posterior a ello realizar la descripción del proyecto examinando las características climatológicas del área en estudio, así como la estructura del edificio, la distribución de las oficinas y otros elementos técnicos que se consideran en la investigación. Además, se seleccionó un sistema de aire acondicionado pertinente para efectos de esta investigación y la exposición de cálculos de la carga de refrigeración y de selección del sistema. Concluyo con una evaluación económica de la opción seleccionada comparándola con un sistema convencional, en la evaluación se incluyen precios de adquisición, operación y mantenimiento.

Martin (2014) cuya investigación denominado: *Diseño de un sistema de aire acondicionado/calefacción, incluyendo métodos recuperativos y energía solar*. Se planteó como objetivo desarrollar el dimensionamiento de la capacidad instalada de aire acondicionado en un local, usando modernas técnicas de ahorro de energía y las bases legales actuales. Usó un sistema operativo informático en la realización de cálculos de

alta dificultad de las cargas y a continuación incluyeron un conjunto de instrumentos de ahorro de energía: la utilización de sondas de presencia, introducción de sistemas recuperativos, sistemas de free-cooling y energía solar térmica. Para ello fue importante considerar una adecuada comodidad térmica registrando parámetros termodinámicos, en este sentido se incluye una fuente de aire mínimo que ingresa de afuera. Conclusiones: Una adecuada composición de metodologías de optimización energética, induce a una reducción energía on el propósito de llegar a valores promedios al 25,35%, según el rendimiento de los sistemas que se use. El free-cooling para calefacción utilizado es muy bajo por eso solo debe usarse para enfriamiento; la causa de esta reacción está en que es muy incierto cuando se tiene demanda de calefacción, la temperatura en los espacios climatizados; pues se conoce que los locales necesitan de refrigeración hasta en la estación de invierno. Seguramente debido a las cargas internas que se originan debido a las máquinas, personas, iluminación, etc.

2.2 Bases teóricas

El aire acondicionado es una aplicación de la refrigeración, orientado a generar condiciones de confort para las personas y/o condiciones ambientales especiales para la fabricación de ciertos productos (Serrano, 2017, p.20).

Asimismo, se indica en forma general que la temática del aire acondicionado es una especialización de la ciencia de la ingeniería, en este sentido el ingeniero que se dedica a esta disciplina deberá poseer una experticia sobre “la termodinámica, mecánica de fluidos, transferencia de calor, turbo maquinas, electricidad y la capacidad de diseñar y crear sistemas electro mecánicos que se complementen con las otras disciplinas de la ingeniería” (Serrano, 2017, p.21).

2.2.1 Eficiencia energética,

Definición e importancia de la eficiencia energética

La eficiencia energética es considerada como un término polivalente utilizado en diferentes contextos y épocas sociales, dicha palabra proviene del latín “efficientia” que significa acción, fuerza producción.

El organismo calificado encargada de la defensa de la naturaleza como es la Asociación Ecologista de Defensa de la Naturaleza [AEDENAT] (1998) señala que:

La eficiencia energética es la obtención de los mismos bienes y servicios energéticos, pero con mucha menos energía, con la misma o mayor calidad de vida, con menos contaminación, a un precio inferior al actual, alargando la vida de los recursos y con menos conflictos. (p.13)

Para Matesanz (2008) manifiesta que es “una definición física referente a un proceso o aun dispositivo, correspondiéndose esta la relación entre la energía útil y la energía empleada” (párr.1).

SEGÚN EL **WORLD ENERGY COUNCIL** (2004) afirma sobre eficiencia energética que:

se emplea, casi exclusivamente, para maquinaria, electrodomésticos o luminarias, es decir procesos o aparatos que se relacionan más directamente con el usuario, y en los que ambas magnitudes son fácilmente mesurables. Esta se relaciona con la eficiencia energética a micro escala, entendida como la reducción del consumo para el mismo servicio, bien sea por avances tecnológicos o mejoras en la gestión (Citado en Matesanz, 2008, parr.2).

Así mismo, Poveda (2005) precisa que la eficiencia energética aglutina acciones que forman parte de la oferta y la demanda en el mercado de la energía, asimismo; no toma en cuenta el bienestar tampoco la producción; con el propósito de optimizar la

seguridad del suministro, “logrando, además, ahorros tanto en el consumo de energía como en la economía de la población en general”. Simultáneamente se logran reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero y mejoras en las finanzas de las empresas energéticas» (Citado en Poveda, 2007, p.5)

En la actualidad se emplea el concepto fundamentalmente en maquinarias, electrodomésticos o luminarias y en todas estas situaciones, objetos que se asocian en forma directa con el consumidor como es la energía eléctrica en las que ambas magnitudes son fácilmente mesurables. Es necesario entender que la eficiencia energética a pequeña escala es la disminución del consumo para el mismo servicio, entonces aquí radica la promoción de estrategias de eficiencia energética desde la prevención y educación en el ahorro de energía, mejora de la gestión y contribución con la disminución de la contaminación ambiental.

El Consejo Mundial de Energía (2004) presenta un informe que evalúa las políticas de eficiencia energética en 63 países, con un enfoque específico centrado en cinco medidas:

- a. Normas mínimas de eficiencia energética para electrodomésticos.
- b. Fondos innovadores de eficiencia energética.
- c. Acuerdos voluntarios/negociados sobre eficiencia energética/CO₂
- d. Centros locales de información energética.
- e. Paquete de medidas.

Además, esta misma organización señala que estas mejoras planteadas a través de las políticas implementadas pueden incidir a nivel macro escala ósea en el mundo globalizado, se ha venido usando este término no solo para darle importancia en la optimización en el uso, sino que tiene una mayor implicancia como es el cuidado del

medio de vida como lo precisa en sus documentos ante el cambio climático: menos CO₂.
(Matesanz, 2008)

En resumen, todas todos los planteamientos señalados en esta parte de la investigación son parecidas donde incluyen el aspecto económico como es el ahorro de energía, así como las implicancias que se tendrían en la reducción del consumo de energía por consiguiente en la disminución de la contaminación ambiental.

Trilema energético mundial

El índice de sostenibilidad energética del Consejo Mundial de Energía (2004) se basa en tres dimensiones centrales:

1. Seguridad energética, se entiende a “la gestión eficaz del suministro de energía primario provenientes de fuentes nacionales y extranjeras” (Citado en Consejo Mundial de Energía, 2019, p.3). Se necesita contar con una confiable base energética, así como la intencionalidad de comprender la demanda presente y a largo plazo. Además, los países proveedores de energía, deben tener la sobriedad de conservar los ingresos como productos de su venta en los espacios comerciales externos.
2. Equidad energética, Es propósito la de fomentar “un suministro energético asequible al que puedan acceder toda la población” (Consejo Mundial de Energía, 2004, p.3) Se debe entender que la materia energética forma parte de la existencia de las personas, comprender el papel de la modernidad y presencia de la tecnología en la vida de las personas; por lo tanto, es un desafío reducir la pobreza energética que afecta a la población.
3. Sostenibilidad ambiental de los sistemas energéticos, Este enunciado incorpora el logro de eficiencias energéticas, a nivel de la demanda como del suministro; es decir “Consiste en la consecución de la eficacia en materia energética, tanto desde el lado

de la oferta como desde el de la demanda” (Citado en Consejo Mundial de Energía, 2004, p.3)

Se presenta en la figura siguiente:



Figura 1. Trilema energéticos (Consejo Mundial de Energía)
Fuente: (Consejo Mundial de Energía, 2004)

Este organismo supra nacional como es el Consejo Mundial de Energía, todos los años publica en su página web informes del Índice de Trilema energético Mundial ahora en el 2019 elaborado en coautoría con Oliver Wyman, donde se destaca una calificación objetiva del rendimiento del sistema energético nacional en tres dimensiones antes señaladas. Dicho índice demuestra el impacto de las políticas energética que se han implementado en cada una de las dimensiones que componen el Trilema en los últimos 20 años.

Metodología para obtener el índice de sostenibilidad energética

El investigador León (2012), menciona en su artículo denominado: El Trilema energético del WEC para la sostenibilidad energética, que el Consejo Mundial de energía WEC define a la sostenibilidad en base a tres dimensiones: seguridad energética (disponibilidad), equidad social (acceso y accesibilidad a la energía) y la mitigación del impacto ambiental (cambio climático).

Entonces, el autor explica sobre la metodología de elaboración de un INDICE DE SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA, cuyo instrumento contrasta los estados y sociedades que la integran relacionando a la forma que implementan un sistema energético convincente, realizable y ambientalmente admisible; es así que la relación de países se elabora en primer lugar realizando el levantamiento de información de fuentes confiables de 94 países en cuanto a sus “dos ejes de desempeño energético y el contexto de ese desempeño energético” (León, 2012, párr.6).

Es así que desempeño energético se concibe como “el suministro y la demanda, la asequibilidad y el acceso a la energía [Agrega] impacto ambiental del uso de energía en los países. La metodología [señala] peso del 75% (25% para cada una de las tres dimensiones) en el índice global” (León, 2012, párr.7).

En cuanto a desempeño contextual, se identifica como la “ampliación de las circunstancias del desempeño energético como las tensiones sociales, económicas y políticas (con un 25% de participación en el índice global)” Asimismo los indicadores señalados se especifica en la “estabilidad política, la calidad de la regulación, la efectividad del gobierno, el control de la corrupción, Estado de derecho, calidad de la educación y la salud, estabilidad macroeconómica, costo de vida, y la disponibilidad de crédito al sector privado .” Se considera un total de 10 indicadores.

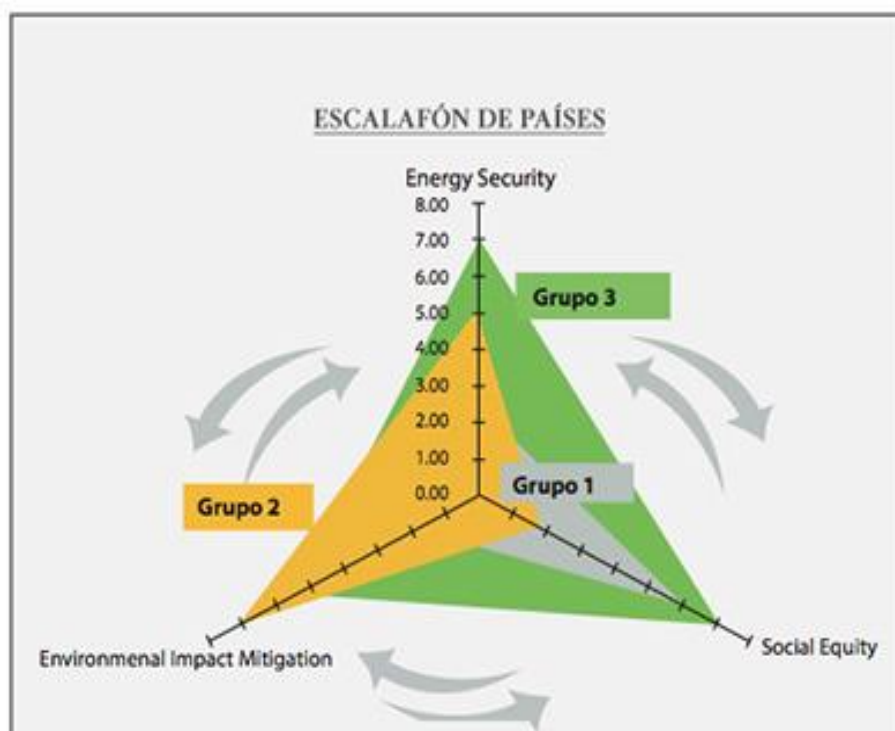


Figura 2. Trilema de sostenibilidad energética: grupos típicos.
Fuente: (León, 2012)

Se observa tres grupos particulares en el ranking de países según el equilibrio alcanzado de acuerdo a las dimensiones (León, 2012, párr.11)

El **grupo1**: países con alta disponibilidad de recursos energéticos (triángulo color gris) con el peor índice de desempeño promedio. Incluye muchos países exportadores de energía. Su política pública se orienta a proveer disponibilidad energética, frecuentemente mediante subsidios. Este grupo de países presenta un débil desempeño en la dimensión de la seguridad energética (alta intensidad en el uso de energía) y en la ambiental.

El **grupo 2**: países con recursos energéticos limitados y con un muy bajo impacto ambiental (triángulo color amarillo). Se caracteriza por incluir países con el PIB más bajo, debilidades en el acceso y en la disponibilidad de energía, pero con un impacto ambiental muy bajo. Representa generalmente a los países

poco industrializados, con pocos recursos fósiles. Un pequeño porcentaje de estos países (y los países desarrollados que lo integran) focalizan su política hacia tecnologías bajas en carbono.

En el **grupo 3** (triángulo verde) se tiene un gran balance entre seguridad y disponibilidad energética. En general se trata de países desarrollados con suficientes recursos económicos y naturales que permiten un gran desempeño en las dimensiones de seguridad energética y de equidad social (accesibilidad y disponibilidad). Muestran los mejores índices de desempeño, un alto ingreso per cápita promedio y una fuerte equidad social. (parr.9)

Para entender mejor, se resalta los indicadores del Trilema de sostenibilidad energética

A. Desempeño energético: peso 75%

Seguridad energética Peso 25%	Equidad social Peso 25%	Mitigación del impacto ambiental Peso 25%
<ul style="list-style-type: none"> • Relación entre producción y consumo de energía • Diversidad en la generación de energía eléctrica • Margen mayorista en la gasolina • Crecimiento del consumo de energía en cinco años • Países exportadores: diversidad de la energía exportada • Países importadores: Reservas de petróleo 	<ul style="list-style-type: none"> • Asequibilidad a la gasolina al detal • Asequibilidad & calidad de la electricidad (acceso) 	<ul style="list-style-type: none"> • Intensidad energética per cápita por PIB • Intensidad de emisiones per cápita por PIB • Emisiones de CO₂ generación de calor y electricidad • Efecto de la contaminación del aire y el agua

B. Desempeño contextual: peso 25%

Tensión política Peso 8,3%	Tensión social Peso 8,3%	Tensión económica Peso 8,3%
<ul style="list-style-type: none"> • Estabilidad política • Calidad de la regulación • Efectividad del gobierno 	<ul style="list-style-type: none"> • Control de la corrupción • Estado de derecho (Rule of Law) • Calidad de la educación • Calidad de la salud 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de vida • Estabilidad macroeconómica • Disponibilidad de crédito para el sector privado

Figura 3. Indicadores del Trilema de sostenibilidad energética.
Fuente: Citado en (León, 2012)

Países con más alto índice de sostenibilidad energética

El escalafón de países destaca a aquellas naciones con mejor índice de sostenibilidad energética, lo que significa que poseen elevados ingresos por persona, integrantes de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) que mantienen entre ellos fuertes redes entre sí en lo político, social y ambiental; muchos de ellos con diferencias notables como: Francia es excelente generador de energía nuclear, Canadá es un país que provee al exterior energía y por otro lado, Japón es un consumidor principal al 2012.

Tabla 1.

Clasificación de 10 países con mejor sostenibilidad energética.

RANGO	PAISES	GRADO DE EQUILIBRIO	PUNTUACION DE TRILEMA
1	Suiza	AAA	85,8
2	Suecia	AAA	85,2
3	Dinamarca	AAA	84,7
4	Reino Unido	AAA	81,5
5	Finlandia	AAA	81,1
6	Francia	AAA	80,8
7	Austria	AAA	80,7
8	Luxemburgo	BALIDO	80,4
9	Alemania	AAA	79,4
10	Nueva Zelanda	AAA	79,4

Nota: Consejo Mundial de Energía (2019)

Tabla 2.

Clasificación de los 10 países con más baja sostenibilidad energética.

RANGO	PAISES	GRADO DE EQUILIBRIO	PUNTUACION DE TRILEMA
128	Níger	DDD	30,0
127	Congo (República Democrática)	DDC	33,8
126	Chad	DDD	33,8
125	Benin	DDD	36,3
124	Malawi	DDB	39,1
123	Nigeria	BDD	40,7
122	Mozambique	DDC	41,4
121	Madagascar	CDC	42,2
120	Etiopía	DDC	42,3
119	Tanzania	DDC	42,5

Nota: Consejo Mundial de Energía (2019)

Matriz Energética en el Perú

En primer lugar, se debe identificar las características de la matriz energética en el Perú donde se plasma el estudio estratégico del sector de energético en el País, en los posteriores 30 años; el documento se denomina: Nueva Matriz Energética Sostenible (NUMES) para el periodo 2010 - 2040, (Consultores energía y Regulación, ARCAN Engineering y CENERGIA, 2012). Dicha matriz que ha sido elaborado por el consorcio “R. GARCIA Consultores S.A, ARCAN ingeniería y construcciones S.A., Centro de Conservación de energía y del ambiente -CENERGIA en cooperación técnica del BID y en convenio con el Ministerio de Economía y Finanzas.

En dicho documento señalado líneas arriba se señala que la demanda de energía en el Perú sigue estando en crecimiento fundamentalmente en la actividad económica (30% entre 2000 y 2009) y los ingresos de la población, a pesar que el gasto de energía

por persona es menor a la media de los estados de la región, pero con una tendencia de incremento, es decir entre los años 1990 y 2009 alcanzo el 21%, en cambio el PBI per cápita lo fijó en 75%. Consultores energia y Regulacion, ARCAN Engineering y CENERGIA (2012).

A continuación, la figura siguiente.

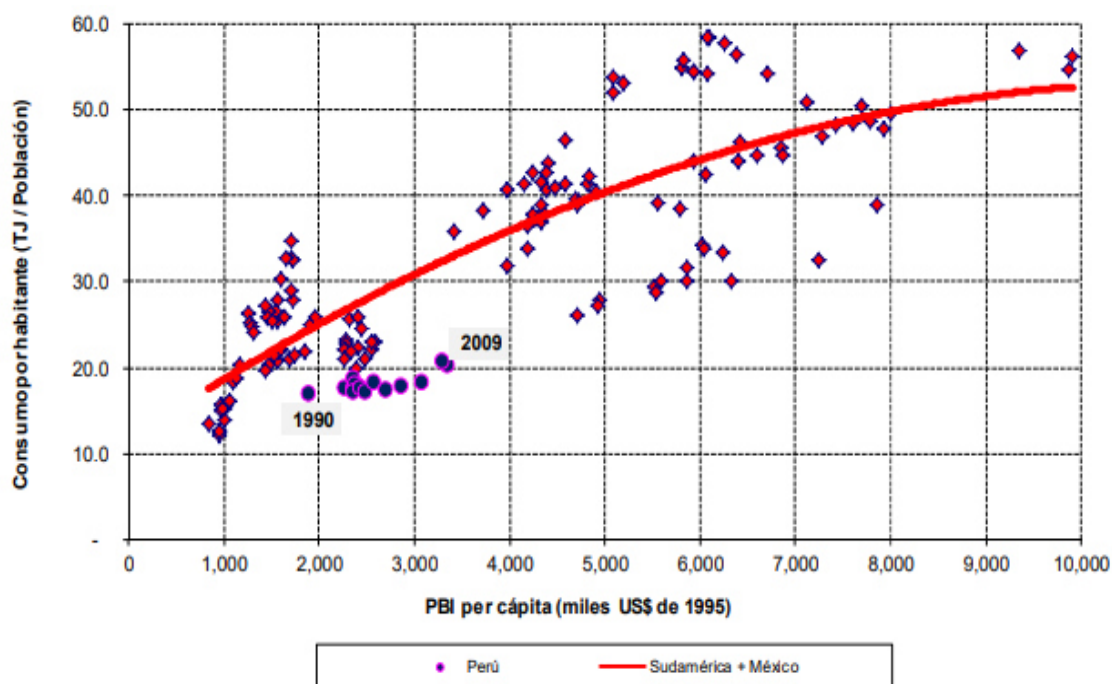


Figura 4. Relación consumo de energía Per Cápita vs. PBI per Cápita, minem.gob.pe

Fuente: (Consultores energia y Regulacion, ARCAN Engineering y CENERGIA, 2012). Balance Nacional energético.

En dicho documento además se señala que la estructura del consumo energético se ha dado con mayor frecuencia en el consumo de hidrocarburos (petróleo y derivados), donde el petróleo es consumido con mayor frecuencia, es decir “en la actualidad el petróleo representa el 39%, el gas natural y los líquidos del gas un 33%, la hidroenergía un 11% y el 17% restante es biomasa, carbón y solar” (Consultores energia y Regulacion, ARCAN Engineering y CENERGIA, 2012, p.10), como se puede observar el consumo

de energía en el ámbito de hidroenergía es muy poca y no ha llegado a las poblaciones y actores empresariales.

En cuanto a desafíos energéticos del Perú, en el sector eficiencia Energética, el diagnostico de Consultores energia y Regulacion, ARCAN Engineering y CENERGIA (2012) señala que estos desafíos son:

1. Asignar personal capacitado y económicos-financieros para brindar los requerimientos de desarrollo del plan de eficiencia energética.
2. Coordinación con los actores del sector de la oferta de energía sean estos públicos o privados.
3. Implementación de actividades de capacitación, formación y “training” en los diferentes sectores de consumo.
4. Impulso de programas y realización de campañas de información.
5. Promoción de novedosas tecnologías en el desarrollo de los sistemas eléctricos (redes inteligentes, generación distribuida.
6. Articulación de la EE con la erradicación del cambio climático. (Citado en (Consultores energia y Regulacion, ARCAN Engineering y CENERGIA, 2012, p.13)

Todo lo señalado, tiene relación directa con el quinto desafío porque esta investigación va a promocionar nuevas tecnologías como es el sistema VRV que no se usaba diez años atrás en la ciudad de Lima con características de ser sistemas inteligentes, más centralizados con mayor ahorro económico. Y por otro lado, el estudio también se relaciona con el sexto desafío de la mitigación de cambio climático ya que al consumir menos energía se está contribuyendo a una menor contaminación ambiental.

Política energética en el Perú

El Estado es el principal actor en la conducción de la política energética en el país, es decir es el mediador entre el sector energético y el desarrollo sostenible en el país. Machicao & Olazabal (2013) señala que “desarrollo sostenible tiene como objetivos de política contar con una matriz energética diversificada que se sustente en el uso de las energías renovables y la eficiencia energética en toda la cadena productiva y de consumo” (p.25), esto refuerza la idea que es necesario proteger el medio ambiente y disminuir carga de CO₂ ; que aporte al reforzamiento institucional y la seguridad energética en lo que respecta a producción propia de los energéticos, avance de la industria del gasífera y la incorporación a los espacios comerciales externos de la región.

Por lo que es necesario que el Ministerio de energía cumpla con ser el gestor integral de energía elaborando diagnósticos reales, ordenando el sector y conduciendo el planeamiento energético en el país, dichos estudios no solo sean de interés de consultorías y en convenio con organismos internacionales; sino como ente rector e implementador de una política energética vinculante con el desarrollo sostenible, que tenga como propósito priorizar la demanda nacional y evaluar la rentabilidad social y ambiental de los proyectos. (Machicao & Olazabal, 2013)

Por otro lado, en el documento Plan referencial de uso eficiente de la energía 2009-2018 elaborado por Ministerio de Energía y Minas. Perú (2009), precisa que la Ley de Promoción del Uso eficiente de la Energía N° 27345 señala cuatro ejes fundamentales:

- a. Es considerada como un mecanismo para asegurar el suministro de energía, se refiere a que la Eficiencia Energética debe verse como una fuente alternativa de provisión de energía de bajo costo.
- b. En relación a la importancia de la competitividad, la utilización de esta tecnología para que tanto en el mercado interno como en mercado externo,

nuestros productos sean competitivos y su producción se incremente generando mayor ocupación de mano de obra y a la vez se generen mayores ingresos fiscales.

c. Al referirse a la protección del consumidor, formar una nueva cultura de uso eficiente de la energía en la población, que le permita diferenciar los equipos eficientes de los ineficientes según su consumo y conozca la tecnología para el uso racional de los equipos y de la energía en general.

d. Con respecto al impacto ambiental este se encuentra sustentado en que toda mejora en la eficiencia energética trae aparejada una reducción de las emisiones contaminantes de impacto global y local. Así mismo, la venta de los certificados de emisión, al ser una opción financiera, también se constituirán en un incentivo para la implementación de este tipo de programas. (p.5)

Asimismo, existen actividades de eficiencia energética que han sido institucionalizadas por dicha Ley de Promoción de energía a través de líneas de acción una de ellas la cultura de eficiencia energética que a continuación se precisa en la figura siguiente:

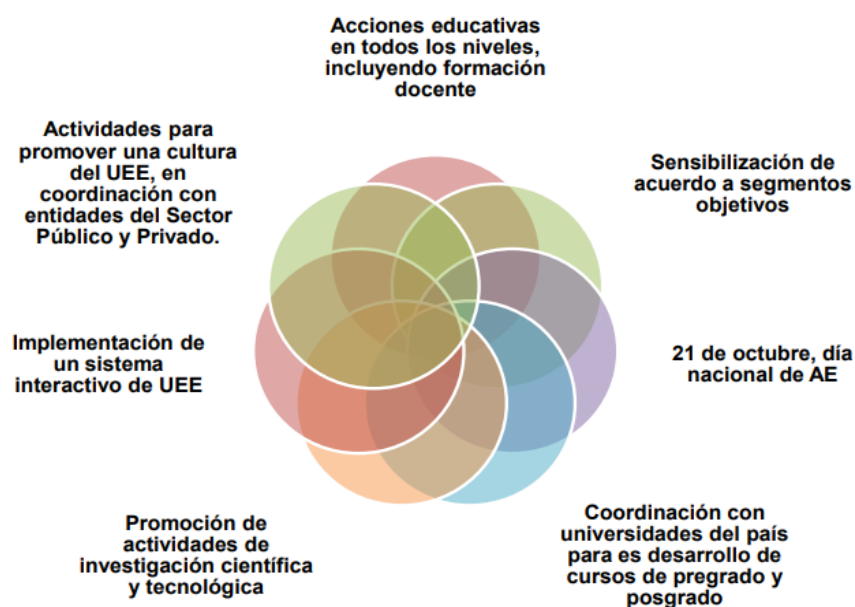


Figura 5. Cultura de actividades del Uso eficiente de energía (UEE)
Fuente: (Dirección General de Eficiencia Energética MINEM, 2013)

Esta línea promueve la implementación de una Cultura de Eficiencia de energía, por medio de acciones de sensibilización y capacitación, además de promover una mejor iluminación en los hogares como el reemplazo de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas (focos ahorradores LFCs) - Convenio MINEM – FONAFE (Julio 2008). (Citado en Machicao & Olazabal, 2013, p.25)

Además el INDECOPI tienen aprobado la Norma técnica de Gestión de la Energía NTP ISO50001, señalando que las industrias “pongan en práctica el buen uso de la energía si en el futuro cercano desean seguir teniendo participación en los mercados internacionales, algo que de hecho se exige actualmente” Citado en Machicao & Olazabal (2013, p. 27)

Otra actividad planificada y propuesta como meta es la implementación de un Plan de referencias donde se encuentra la **Política de Eficiencia Energética**, a partir de ello se propone formas de ahorro de energía por unidad de servicio, como efecto de dicha política, impulso del sector iluminación, calderas industriales, o en el sector refrigeración, etc. Así mismo, la disponibilidad de un Sistema de Monitoreo y Fiscalización de Eficiencia Energética”, en base a lo señalado en la Tercera Disposición Transitoria del Reglamento de la Ley N° 27345, los Indicadores de Consumo Energético y su metodología de monitoreo, por otra parte se dispone de los resultados de la encuesta de hábitos de consumo de energía eléctrica en el sector residencial en las siete principales ciudades del país (65 % de población del país a Octubre 2008). (Ministerio de Energía y Minas. Perú, 2009)

Esta misma Ley se incluyó programas sectoriales de UEE (Uso de eficiencia energética) que a continuación se presenta en la figura siguiente:



Figura 6. Programas Sectoriales del Uso de la Eficiencia Energética
Fuente: (Dirección General de Eficiencia Energética MINEM, 2013, pág. 13)

Se viene implementado Normas Técnicas Peruanas para el uso racional de la energía y la Eficiencia Energética aprobadas por Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y Propiedad Intelectual (INDECOPI) Refrigeración, Sistemas Solares, y Calentadores de Agua (Ministerio de Energía y Minas, s.f.), dichas normas tratan sobre estándares mínimos y de materia de eficiencia energética, como las Guía de estándares mínimos y la Guía de etiqueta, ambas de eficiencia energética (Ministerio de Energía y Minas, s.f.) todas estos documentos normativos promueven y sensibilizan al consumidor sobre el consumo de energía de cada producto que adquiere para el ámbito laboral o doméstico.

2.2.2 Sistemas de aire acondicionado

Willis Carrier fue el inventor del aire acondicionado, fue quien diseñó el primer sistema de aire acondicionado moderno para el sector industrial, considerado como un

diseño que cambio las condiciones de trabajo para el personal de un ambiente laboral mejorando su rendimiento, así como de las personas que se encuentran concentrados en lugares públicos dispuestas a cambiar su estado de confort. (Carrier Refrigeración Ibérica, s.f.)

Definición del aire acondicionado

El sistema de aire acondicionado es un proceso termodinámico en el que existe una transferencia de calor de un fluido con el aire. Esta definición se fundamenta teniendo en cuenta que climatización es igual que aire acondicionado desde el enfoque del tratamiento del aire sobre climatización de los autores Colucho, Daza, & Guzmán (2011), quienes señalaron una definición al respecto:

El aire acondicionado es un sistema utilizado para controlar la temperatura en un espacio, las ventajas son varias, control de temperatura, control de salida de aire, eliminación de la humedad del ambiente, la circulación y limpieza del aire...su unidad de medida es el BTU (British Thermal Unit) y se define como la cantidad de energía que se necesita para aumentar la temperatura de un libra de agua a un grado Fahrenheit (p.28)

En la práctica el sistema de aire acondicionado es muy útil en las industrias y amigable, es decir muy fácil de que los usuarios puedan manipular y entender su funcionamiento.

Ciclo de Carnot como base de la refrigeración (aire acondicionado)

Carnot (1796-1832) ingeniero francés que estudio los principios científicos desconocidos hasta esa época sobre el funcionamiento de la máquina de vapor con la finalidad de obtener la máxima potencia de salida con la máxima eficiencia, fue quien con el apoyo de otros ingenieros ayudó a establecer la física del calor o llamado termodinámica. Citado en Tomé (2017)

El científico Carnot planteo mediante la “observación experimental de que el calor no fluye por si solo de un cuerpo frio a uno caliente” (párr.2), se entiende que, ante una situación dada, se hace fluir de lo frio a lo caliente, debe tener lugar algún otro cambio en otra parte. Más adelante Tomé, (2017) propone un ejemplo:

un refrigerador o un acondicionador de aire son también “máquinas térmicas”, pero su ciclo funciona de manera inversa a una máquina de vapor un motor de automóvil. Haca falta trabajo (en forma de energía eléctrica o mecánica) para bombear el calor de un cuerpo frio (desde el interior del compartimento o la habitación fríos a uno más caliente (la habitación donde está el refrigerador o el aire exterior) (párr. 2)

Como parte de la termodinámica se debe enunciar el ciclo de Carnot que consiste en el proceso fundamental de cómo se obtiene el aire acondicionado y consiste en cuatro procesos: Evaporación, compresión, condensación y la expansión.

El arquitecto (Mas, 2011), preciso estos procesos definiéndolas de la manera siguiente:

Vaporación, es el proceso mediante el cual, el líquido refrigerante entrante en el evaporador, se evapora, absorbiendo el calor del aire del espacio acondicionado. **Comprensión**, es el proceso de compresión y bombeo del refrigerante motor procedente del evaporador, descargándolo a alta temperatura en forma de vapor recalentado. **Condensación**, es el proceso de licuefacción del refrigerante vapor a alta presión, procedente del compresor, que entra en el condensador que se halla a menor temperatura para su posterior circulación en forma de refrigerante líquido. **Expansión**, es el proceso de reducción de presión del líquido refrigerante que entra en la

válvula de expansión o en el capilar, según el tipo y capacidad del equipo)
para permitir su posterior evaporación. (p.4)

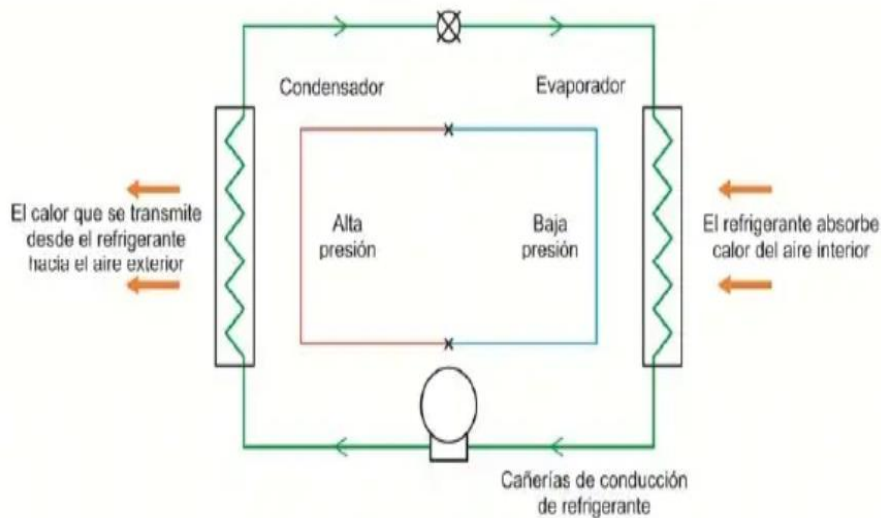


Figura 7. Ciclo de refrigeración: expansión directa, condensación por aire.
Fuente: Mas (2011)

Se iniciará con la definición y clasificación de los sistemas de aire acondicionado que forma parte del estudio:

Según el tipo de expansión:

Expansión directa: los “equipos tienen un intercambio directo entre el aire a acondicionar y el refrigerante, el aire se enfría por la expansión directa de un refrigerante” (Mas, 2011, p.6), el autor señala que está conformado por: “equipos de ventana, unidades separadas tipo Split, unidades separadas tipo multi-Split, auto-contenidos (con y sin conductos), roof top, unidades separadas comerciales y VRV” (Mas, 2011, p.6)

Expansión indirecta: este sistema muestra “equipos presentan un intercambio indirecto entre el aire a acondicionar y el refrigerante [mediante el] agua como fluido intermedio, [ósea] el refrigerante enfría agua, la cual es distribuida a las unidades ubicadas en cada local o zona del edificio” (Mas, 2011, p.6)

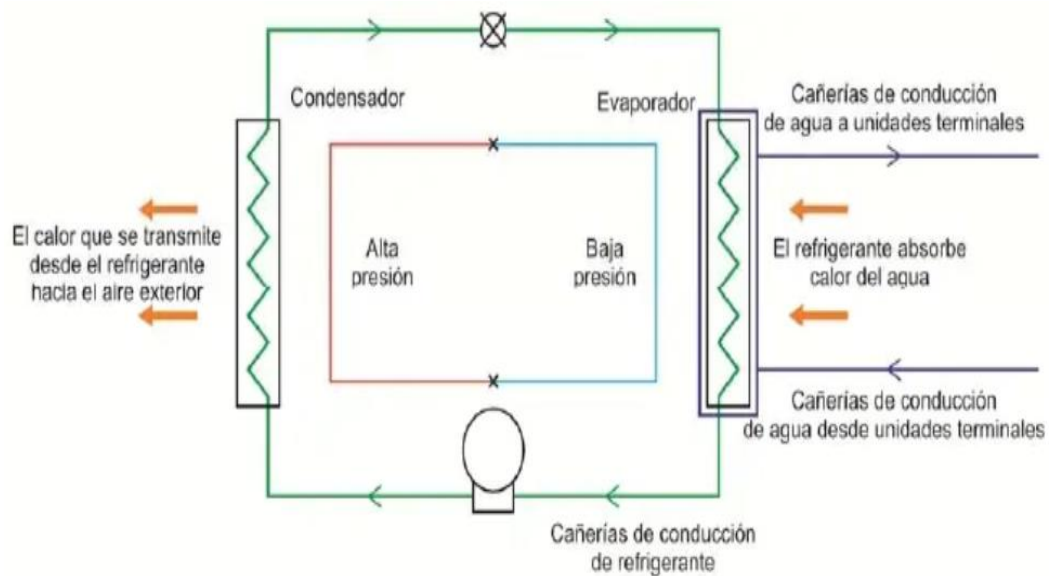


Figura 8. Ciclo de refrigeración: expansión indirecta. Condensación por aire.
Fuente: Mas (2011)

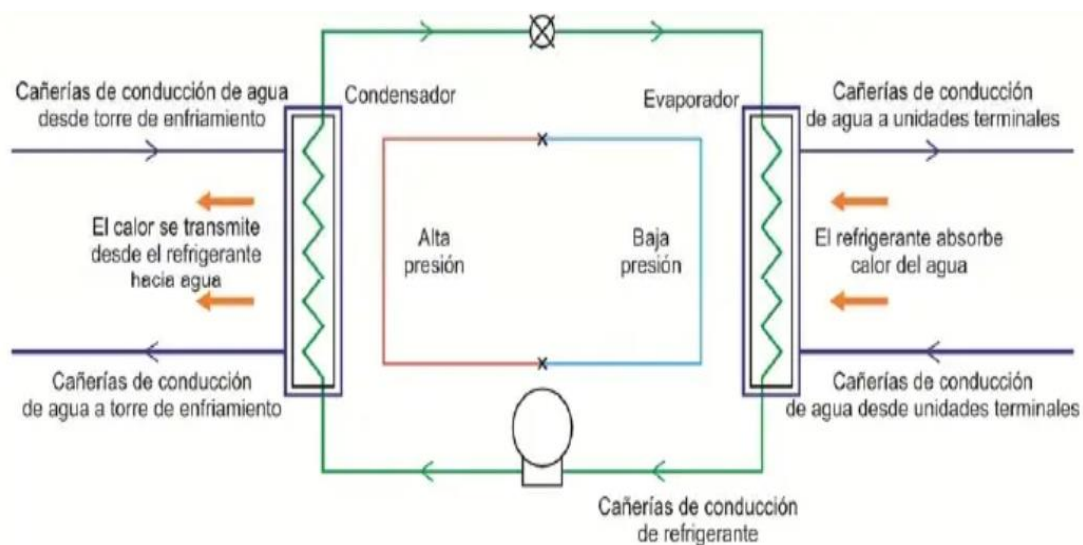


Figura 9. Ciclo de refrigeración: expansión indirecta. Condensación por agua
Fuente: (Mas, 2011)

Carga térmica y los factores fundamentales

La carga térmica es todo aquello que genera calor tanto sensible como latente dentro del ambiente como fuera de él, se debe mencionar que el cálculo de la carga térmica es imprescindible para el dimensionamiento de los equipos que realizarán este trabajo (Delgado & Donoso, 2009)

La carga térmica se conoce como “las tasas de energía entregada, en el caso de calentamiento, o removida, en el caso de enfriamiento, requeridas para mantener un ambiente a las condiciones deseadas de temperatura y humedad” (Citado en ASHRAE Handbook, 2009). En este ciclo se debe considerar las diferentes temperaturas que se dan en los ambientes de afuera y adentro del local, así se observará la propagación de la radiación en las paredes, techos y ventanas; como el acopio del calor en zonas encerradas y el aporte de las personas, equipos e iluminación artificial (Delgado & Donoso, 2009).

Los factores fundamentales del aire acondicionado son aquellos que influyen en la climatización de los ambientes a intervenir, es así que se tienen para la concentración del calor los siguientes factores:

1. Ambiente
2. Temperatura del aire
3. Humedad
4. Temperatura media radiante
5. Aforo de personas
6. Equipos eléctricos y electrónicos
7. Infraestructura

A continuación, se explicará los factores arriba mencionados:

El ambiente

La sensación térmica, está sujeta a las expectativas de los usuarios, es así que existen elementos que inciden que son “el clima exterior, la estación del año, la hora del día, el asoleamiento, la iluminación y la calidad del aire interior, entre otros”. (Blender, 2015, párr.5)

Cuando se señala los valores concretos de los factores ambientales estos pueden ser diferentes con las sugerencias y aspectos legales de esta materia, debido a la complejidad de las interacciones entre los diferentes elementos. Además, es necesario entender que la mayor parte de los criterios fueron establecidos para la estación de invierno que se caracteriza por las bajas temperaturas y para espacios que se usan comúnmente.

Temperatura del aire

Otro de los factores que incide en la climatización es la temperatura del aire, es el que establece la cantidad del calor que el cuerpo elimina hacia el aire, específicamente en el proceso de transferencia de calor. Con este factor permite evaluar el confort térmico considerando la integración de la humedad y velocidad del aire, así como el calor radiante no actué directamente en el ambiente climatizado (Blender, 2015).

Según el autor anterior, afirma que “el rango de confort... [oscila entre] 20°C en invierno a alrededor de 25°C en verano. Para el confort [se debe establecer] el gradiente térmico vertical” (Blender, 2015, párr. 7), que se entiende como la variación de temperatura por unidad de distancia. Por otro lado, propone que no deben existir cambios fuertes de temperatura y en cuanto a la cabeza y los pies no debería haber una diferencia mayor a 3 Kelvin.

Este factor se percibe en forma satisfactoria cuando está ligada a otros factores ambientales, es así que una temperatura ambiental desagradable puede equilibrarse según ciertos parámetros ajustando y controlando los otros elementos ambientales; también debe considerarse un vestuario adecuado que usen los individuos para la estación (Blender, 2015).

Humedad

La evaporación de humedad de la piel es específicamente una función de la humedad del aire, es así que el aire seco humedece y refrigera el cuerpo adecuadamente; siendo beneficioso para las personas cuya humedad debe estar en un rango de 30% a 40% como mínimo y 60 a 70% como máximo de humedad relativa del aire.

Es la cantidad de agua en el aire, se clasifica en humedad relativa absoluta y específica. La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia CENICAFE (s.f.) describen en un artículo sobre la humedad del aire lo siguiente:

1. Humedad relativa, es aquella que está asociada entre el vapor de agua con la capacidad máxima de vapor de agua que puede almacenar el aire.
2. Humedad absoluta, es la cantidad de vapor de agua por volumen de aire
3. Humedad específica, es la relación de masa de vapor de agua contenida en una masa de aire húmedo.

Temperatura media radiante

Esta referido a la temperatura máxima de radiación solar en el año, que es considerado un factor muy importante en el momento de elegir el equipo de aire acondicionado que se utilizará.

Aforo de personas

Significa, es la capacidad máxima de personas que cabe en un lugar o recinto o como dice la Real Academia de la Lengua Española (s.f.) es el “numero maximo autorizado de personas que pueden admitir un recinto destinado a espectaculos u otros actos publicos” (párr.2)

Equipos electricos y electronicos

Vienen a ser todos aquellos aparatos eléctricos que generan calor sensible al ambiente como son: laptop, celulares, televisores, proyectores, focos de luces, impresoras, calentadores eléctricos entre otros.

Infraestructura

Son las condiciones en las cuales se encuentra el ambiente a climatizar, los materiales que se han utilizado para construir las oficinas y espacios donde se encuentran los usuarios involucrados.

Clasificación de los sistemas de acondicionamiento de aire

Mas (2011) precisa que existe diversas clasificaciones que señala la bibliografía sobre este tema, pero considera solo tres sistemas que a continuación se detalla:

Según el grado de centralización de la instalación:

Individuales: equipos de ventana, Unidades separadas tipo Split, unidades separadas tipo Multi-Split y auto-contenidos (con y sin conductos)

Centralizados: Roof top, unidades separadas comerciales, fan-coil y VRV

Según el tipo de Expansión

Expansión directa: es el más convencional, caracterizado porque los equipos tienen un intercambio directo entre el aire a acondicionar y el refrigerante, actúa este sistema donde se observa el aire se enfría por la expansión directa de un refrigerante como son: equipos de ventana, unidades separadas tipo Split, unidades separadas tipo Multi-Split, auto-contenidos (con y sin conductos), Roof top, unidades separadas comerciales y VRV.

Según el sistema

Sistemas Unitarios: equipos de ventana y auto-contenidos (con y sin conductos)

Sistema Todo Aire: Roof Top y unidades separadas comerciales

Sistema Todo Agua: Fan-Coil

Sistema Todo refrigerante: Unidades separadas Tipo Split, unidades separadas tipo Multi-Split y VRV. (p.5)

Diferencia del sistema de Aire acondicionado de expansión directa y sistema VRV

Para la presente investigación se utilizó el sistema de aire acondicionado convencional de expansión directa y el sistema refrigerante VRV, para desarrollar la estimación y plantear la de mejor eficiencia energética. A continuación, se detalla los procesos que se desarrollan para instalar e implementar estos dos sistemas considerados para la investigación:

SISTEMA CONVENCIONAL – EXPANSION DIRECTA	SISTEMA VRV
Se necesita un mayor espacio para los condensadores	Menor espacio para el condensador
Costos relativamente económicos	Mayores costos de equipamiento
Proceso de instalación sencilla	Mayores conocimientos de instalación
Mayor consumo eléctrico	Menor consumo eléctrico
Equipos sencillos	Máquinas inteligentes
Mantenimiento más complejo	Mantenimiento más rápido

Figura 10. Cuadro de diferencias entre el sistema de aire acondicionado convencional y el sistema VRV.

Fuente: Elaboración propia.

VENTAJAS DEL SISTEMA VRV DE AIRE ACONDICIONADO

Control Centralizado VRV

El sistema VRV de Daikin posee un control inteligente de flujo de refrigerante variable; conserva un control por cada espacio y planta de un edificio comercial. Además este sistema abarca soluciones para refrigeración, ventilación y calefacción.

Beneficios del sistema VRV

De acuerdo al autor (Mas, 2011) las ventajas que trae la instalacion de este sistemas es:

No requiere grandes espacios para la instalación de conductos ni equipos.

Flexibilidad total para zonificación y regulación.

Control totalmente electrónico.

Se consigue notable ahorro energético debido a la tecnología Inverter.

Buena distribución del aire.

Este sistema permite relacionar de una sola unidad/grupo exterior condensador, varias unidades interiores, separadas hasta 50 m de la unidad exterior en altura y 150 m en distancia.

No existe limitación de porcentaje de aire exterior a utilizar en caso de unidades interiores con posibilidad de conectar conductos.(p.24)

Por ultimo, es importante señalar que este sistema de aire acondicionado patrocinado por Daikin ha invertido en tecnologías que reducen el impacto de los sistemas de climatización en el medio ambiente.

DESVENTAJAS DEL SISTEMA VRV AIRE ACONDICIONADO

Existen desventajas especificas tales como señala (Mas, 2011) como: “Mayor costo de instalación y equipamiento, pocos equipos en stock y distribución de refrigerante por medio de una red de tuberías de cobre susceptible de fugas(p.24).

A continuacion diagramas según catálogos de productos Daikin.

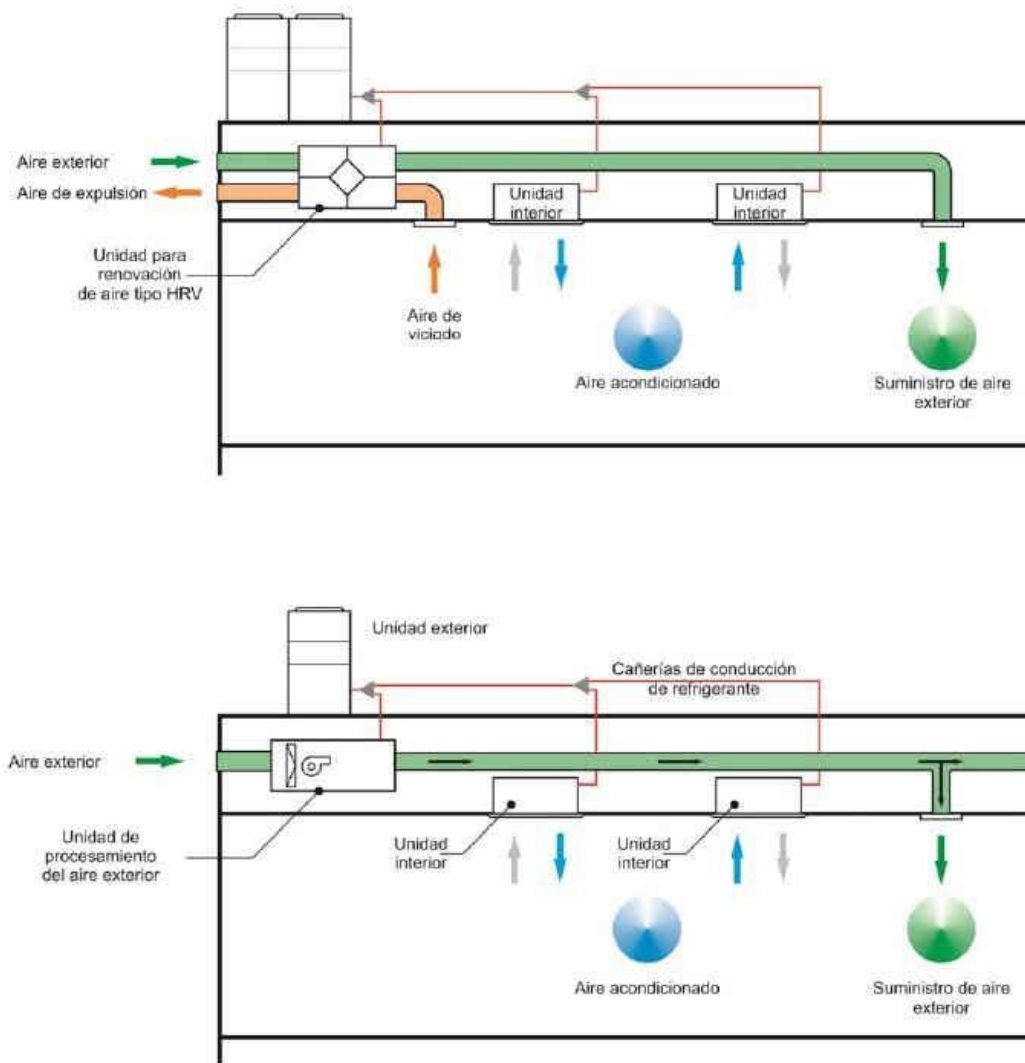


Figura 11. Instalación de sistema VRV con toma de aire exterior y unidades de renovación de aire.

Fuente: Daikin VRVII, catálogo de productos. Citado en Mas (2011, p.25)

Para un mejor entendimiento se presenta la figura siguiente que confluye el proceso de climatización a partir de este sistema.

LA SOLUCIÓN TOTAL VRV

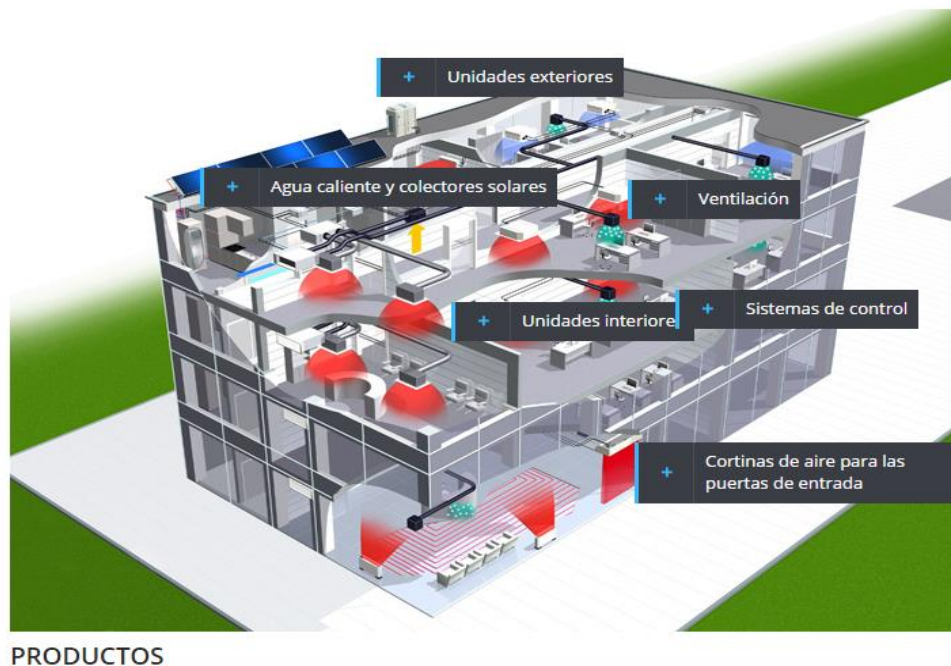


Figura 12. Diagrama de productos Daikin

Fuente: (Daikin S.A.C., 2016)

Situación de Confort como resultado del aire acondicionado

Cuando nos referimos a definir el confort térmico se debe entender como el estado de satisfacción térmica manifestada de los ocupantes de los espacios habitacionales sea este oficinas o edificios, es así que esta sensación es subjetiva porque depende de la persona otros factores internos y/o externos. En tal sentido, (Blender, 2015) señala:

El cuerpo humano “quema” alimentos y genera calor residual, parecido funciona una máquina. Para mantener su interior a una temperatura de 37°C , tiene que disipar el calor y lo hace por medio de conducción, convección, radiación y evaporación. En la medida como se acerca la temperatura ambiental a la temperatura corporal, el cuerpo ya no puede transmitir calor por falta de un gradiente térmico y la evaporación queda como única forma de enfriamiento.

(párr.2)

Una principal característica de los edificios es contar con una sensación térmica confortable en beneficio de los ocupantes, es por ello que depende de estas personas las condiciones básicas de confort, la cual deberá tomarse en cuenta para edificar los ambientes mediante equipamiento de aire acondicionado.

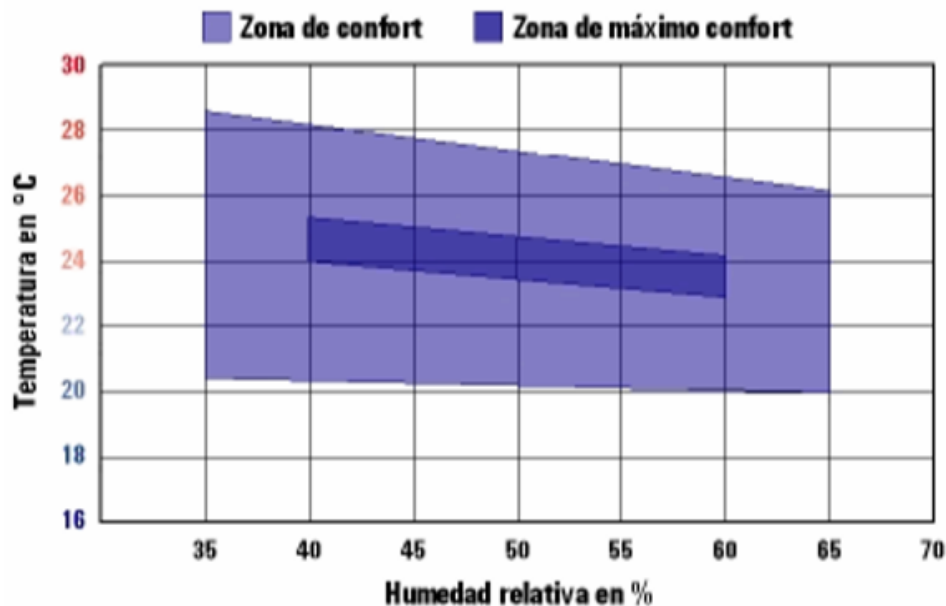


Figura 13. Zona de Confort en relación a la humedad relativa y temperatura.
Fuente: (Martinez, 2005, pág. 5). Análisis de la información técnica en los equipos de climatización.

2.2.4 Principios de la termodinámica

El principio de la termodinámica, de los cuales la primera ley trata sobre la conservación de la energía como Golden (s.f) señala en su informe sobre la termodinámica y sus aplicaciones que toda energía que se utiliza para realizar un trabajo es igual a la suma de trabajos que suceden alrededor de ella. Uno de sus principales es el trabajo la cual se define como la cantidad de fuerza externa para mover una masa a distancia X en un determinado espacio. La siguiente figura precisa:

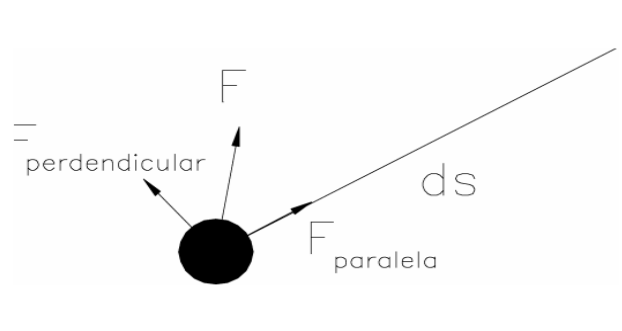


Figura 14. Cálculo de trabajo en mecánica.
Fuente: (Golden, s.f)

La segunda Ley agrega (Golden, s.f) versa sobre las restricciones de la transformación de la energía, esto quiere decir que la transferencia de calor de una temperatura baja a una más elevada no puede ser su único resultado, como consecuencia de esto resulta una propiedad que se denomina “entropía” que significa el grado de equilibrio de un sistema termodinámico.

2.3 Glosario

2.3.1 Eficiencia energética

Para Matesanz (2008) manifiesta que es “una definición física referente a un proceso o aun dispositivo, correspondiéndose esta la relación entre la energía útil y la energía empleada” (párr.1).

2.3.2 Sistema de aire acondicionado VRV

El VRV de Daikin es un sistema de climatización inteligente “se utilizan desde hace años. Se han expandido mucho en los últimos tiempos y cada vez su uso es más común. Son conocidos en el mercado con las iniciales en inglés VRF (Variable Refrigerant Flow) o VRV (Variable Refrigerant Volume). Martinez (2005)

2.3.3 Sistema convencional de expansion directa.

Son sistema cuyos “equipos tienen un intercambio directo entre el aire a acondicionar y el refrigerante, el aire se enfría por la expansión directa de un refrigerante Ellos son: equipos de ventana, unidades separadas tipo Split, unidades separadas tipo multi-Split, auto-contenidos (con y sin conductos), roof top, unidades separadas comerciales y VRV. Mas (2011, p. 6)

2.3.4 Carga térmica

Son “las tasas de energía entregada, en el caso de calentamiento, o removida, en el caso de enfriamiento, requeridas para mantener un ambiente a las condiciones deseadas de temperatura y humedad” Citado en ASHRAE Handbook (2009)

2.3.5 Costos de instalación

Son todos aquellos costos iniciales que se van a usar para la instalación del sistema de aire acondicionado como por ejemplo: tuberías de cobre, tubería eléctrica Conduit, cables eléctricos y accesorios de refrigeración.

2.3.6 Zonas de confort

La zona de confort es un estado de comportamiento en el cual la persona opera en una condición de "ansiedad neutral", utilizando una serie de comportamientos para conseguir un nivel constante de rendimiento sin sentido del riesgo.

2.3.7 Temperatura

La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de calor medible mediante un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica.

2.3.8 Humedad

Es la cantidad de vapor de agua presente en el aire; se puede expresar de forma absoluta mediante la humedad absoluta o de forma relativa mediante la humedad relativa o grado de humedad. La humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura.

2.3.9 Condensadores

Un condensador es un cambiador de calor latente, que convierte el vapor en estado gaseoso a vapor en estado líquido, también conocido como fase de transición. El propósito es condensar la salida (o extractor) de vapor de la turbina de vapor para así obtener máxima eficiencia e igualmente obtener el vapor condensado en forma de agua pura de regreso a la caldera. Condensando el vapor del extractor de la turbina de vapor, la presión del extractor es reducida arriba de la presión atmosférica hasta debajo de la presión atmosférica, incrementando la caída de presión del vapor entre la entrada y la salida de la turbina de vapor. Esta reducción de la presión en el extractor de la turbina de vapor, genera más calor por unidad de masa de vapor entregado a la turbina de vapor, por conversión de poder mecánico.

2.3.10 Evaporadores

Son unos intercambiadores de calor en los que tiene lugar la evaporación del fluido, sustrayendo calor del espacio que queremos que se enfríe. Están constituidos por un haz de tuberías en las que se evapora el fluido, extrayendo calor de los alrededores, que es en esencia el fenómeno de producción de frío, o potencia frigorífica, que se desea conseguir.

Capítulo III

MARCO METODOLOGICO

3.1 Metodología de la Investigación

En las investigaciones cuantitativas se planteados diseños de investigación, por un lado, el diseño experimental y el diseño no experimental; la tesis presentada se orienta por un diseño no experimental, pues se pretende determinar la eficiencia energética entre el sistema de expansión directa y el Sistema VRV de aire acondicionado en una oficina de una consultoría.

Según, Hernández, Fernández, & Baptista (2014), Son estudios que “se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas-antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos-consecuentes)” (p.160)

Considerando la cita es pertinente señalar que la variable independiente (VI) para la tesis es la Eficiencia Energética y la variable dependiente (VD) es el Diseño del Sistema VRV Aire Acondicionado para una oficina por ello se manipulará la variable independiente mediante el diseño considerando las cargas termodinámicas y el sistema. Por lo tanto, se identificará la funcionabilidad de los sistemas y los costos referidos.

Asimismo, la investigación es de tipo básica porque no tienen como propósito aplicar la teoría sino utilizara para generar nuevos conocimientos en base a su aplicación.

3.1.1 Universo y muestra

Tabla 3.
Población y muestra del estudio.

UNIVERSO	Los equipos de ambos sistemas de climatización
MUESTRA	Los equipos de ambos sistemas de climatización de cada oficina instalada.

Nota: Elaboración propia.

3.1.2 Métodos del proyecto

Para la investigación se ha considerado los métodos siguientes:

1. Para seleccionar los cables y tuberías eléctricas, se utilizó las siguiente formulas:

$$In = \frac{Pv}{\sqrt{3}xVxFp}$$

$$Id = 1.25. In$$

$$\text{Cumpliendo con las condiciones de } \% Dv = \frac{0.0309. L.In.fp.100\%}{V.Scu}$$

$$\% Dv In < = 2.5 \quad , \quad \% Dv Ia < = 10$$

2. Para calcular la llave termo magnética de los equipos de aire acondicionado

$$Id = 1.20. In$$

Se escoge el ITM comercial superior próximo

3. Para calcular la capacidad de enfriamiento de los equipos

Se utilizó el cuadro adjunto en los resultados, tomado del libro del curso de “aire acondicionado” del Instituto de Tecsup.

4. Para calcular el diámetro de las tuberías de cobre

Para el sistema VRV, el software DAIKIN EXPRESS, calcula automáticamente los diámetros de cada tubería.

Para el sistema convencional de sistema de expansión directa, se utilizaron las medidas que indica la ficha técnica de cada modelo.

5. Para calcular el dimensionamiento de los ductos.

Se utilizó el software de ‘‘DUCT SIZER’’, para lo cual se usa los siguientes criterios:

Caudal en cfm

Caída de presión

6. Para calcular el área de los difusores y rejillas de retorno

Se usa la fórmula siguiente:

$$L = \sqrt{\frac{Q \cdot 144}{500}}$$

Donde:

L: longitud de la rejilla

Q: caudal por rejillas

500 : velocidad promedio en FPM

144: unidad de conversión para pulgadas

7. Para calcular la capacidad del inyector de aire fresco

a) Se calcula la caída de presión

b) Se calcula el caudal de inyección de aire fresco según la fórmula

$$Q = \text{área} \times \text{altura} \times \text{número renovaciones} / 1.7$$

Donde:

Numero de renovaciones se sacó de la norma de edificaciones EM-30

3.1.3. Medios e Instrumentos

Para el diseño de los sistemas de aire acondicionado se utilizó el software AUTOCAD 2016, en el cual está reflejado toda la instalación eléctrica, mecánica del sistema de climatización.

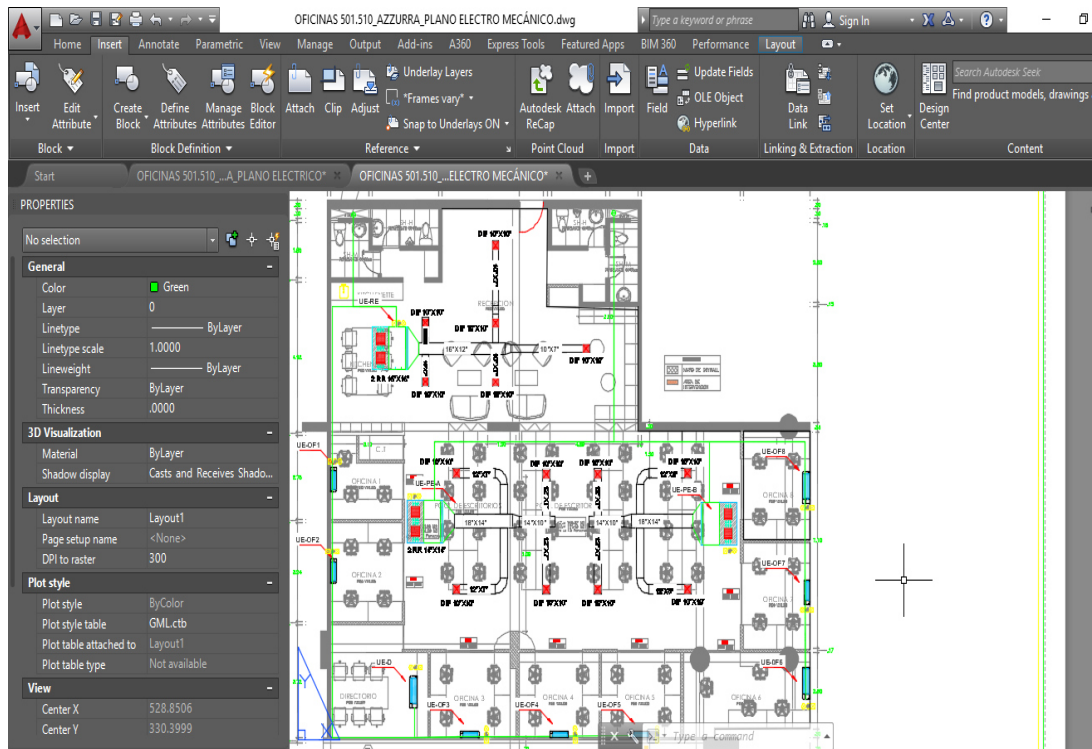


Figura 15. Software AUTOCAD, 2016

Fuente: Elaboración propia

Además, también se usó para el cálculo de ductos el software DUCTSIZER, que permitió diseñar las dimensiones de los ductos.

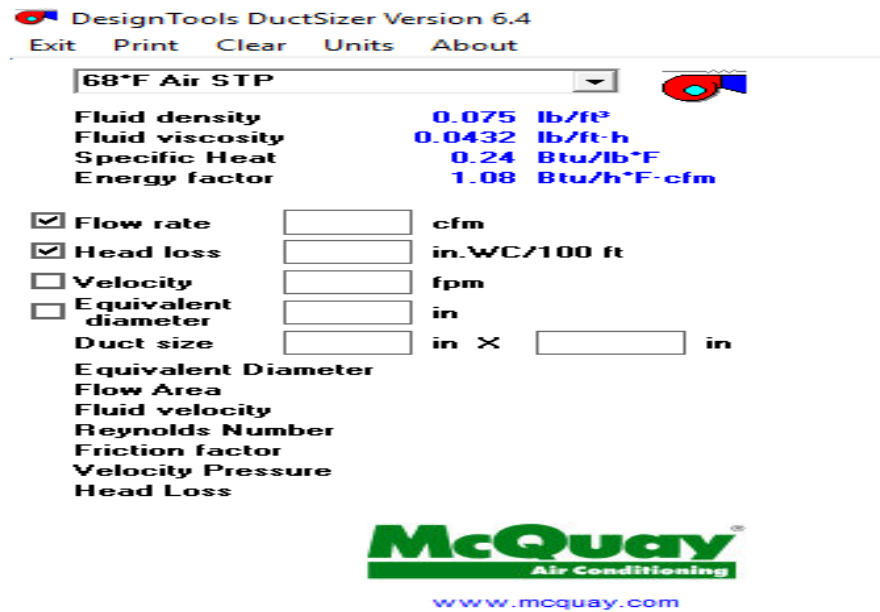


Figura 16. Software DUCTSIZER, 2016

Fuente: Elaboración propia.

Para la selección de equipos de aire acondicionado tipo VRV Daikin, se usó el siguiente software Xpress 8.6.5 DIL13.8.8 Perú.

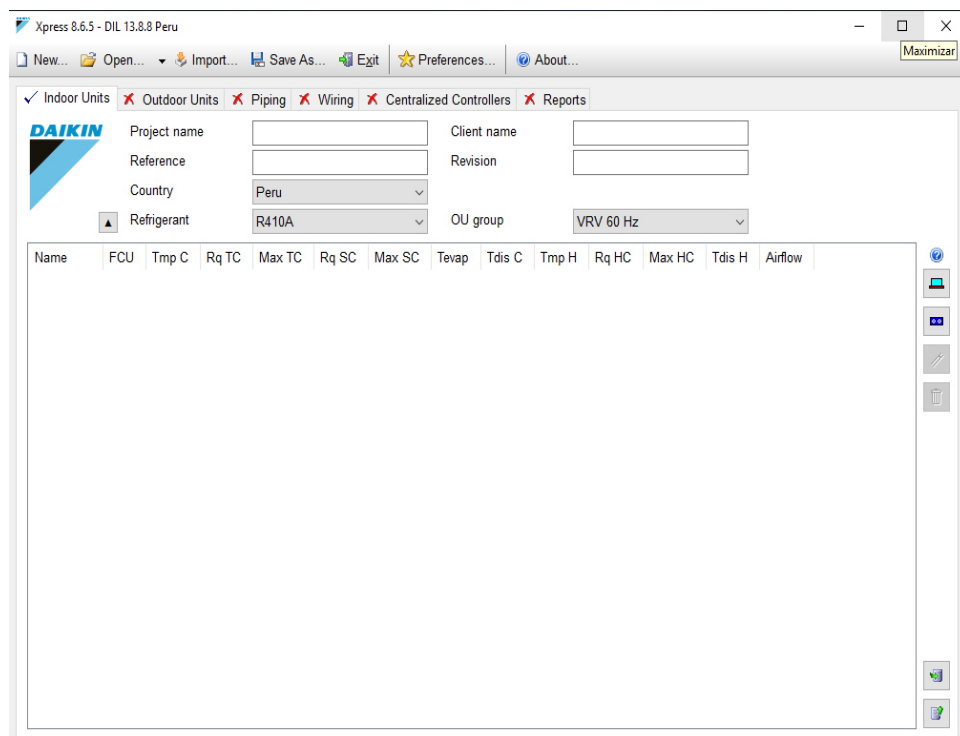


Figura 17. Software Xpress 8.6.5 DIL 13.8.8 Perú.

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular la capacidad del equipamiento para instalar el aire acondicionado se utilizó la siguiente tabla de cálculo tomada del curso de aire acondicionado del Instituto Superior TECSUP.

CALCULO TÉRMICO						
item		descripción		unidad	multiplicador	total
1	aparatos eléctricos	cantidad				
	Iluminación		w	3,4	0	Btu/h
			w	3,4	0	Btu/h
	laptops		w	3,4	0	Btu/h
2	personas presentes		personas	450	0	Btu/h
3	ventana con incidencia		m2	500	0	Btu/h
4	ventanas a la sombra		m2	200	0	Btu/h
5	paredes con incidencia		m2	300	0	Btu/h
6	paredes a la sombra		m2	150	0	Btu/h
7	paredes interiores		m2	100	0	Btu/h
8	techo al aire libre		m2	200	0	Btu/h
9	techo con piso arriba o aislamiento		m2	60	0	Btu/h
10	motores electricos (hp)		Hp	2545	0	Btu/h

Figura 18. Tabla de cálculo térmico.

Fuente: TECSUP (2018). Curso de Aire acondicionado.

También se utilizó fórmulas matemáticas, tablas para selección de cables y tubos eléctricos según el código nacional de electricidad

3.3 Hipótesis

3.3.1 Hipótesis General

El sistema VRV aire acondicionado, en comparación al sistema de expansión directa, tiene una mayor eficiencia energética.

3.3.2 Hipótesis específicas

El consumo eléctrico del sistema VRV es menor que el sistema convencional de expansión directa de aire acondicionado.

Los costos de instalación y equipamiento del Sistema VRV son mayores al sistema convencional de expansión directa de aire acondicionado.

El sistema de aire acondicionado VRV, genera mayores ahorros al cabo de 4 años, en comparación con el sistema convencional de expansión directa.

Capítulo IV

RESULTADOS Y EVALUACION DEL SISTEMA

1.1 Plano de arquitectura de las oficinas de la empresa AZURRA CONSTRUCTORES SAC

Se solicitó el plano de arquitectura a la empresa AZURRA CONSTRUCTORES para calcular según el cuadro de cálculo de carga térmica la capacidad de cada equipo.

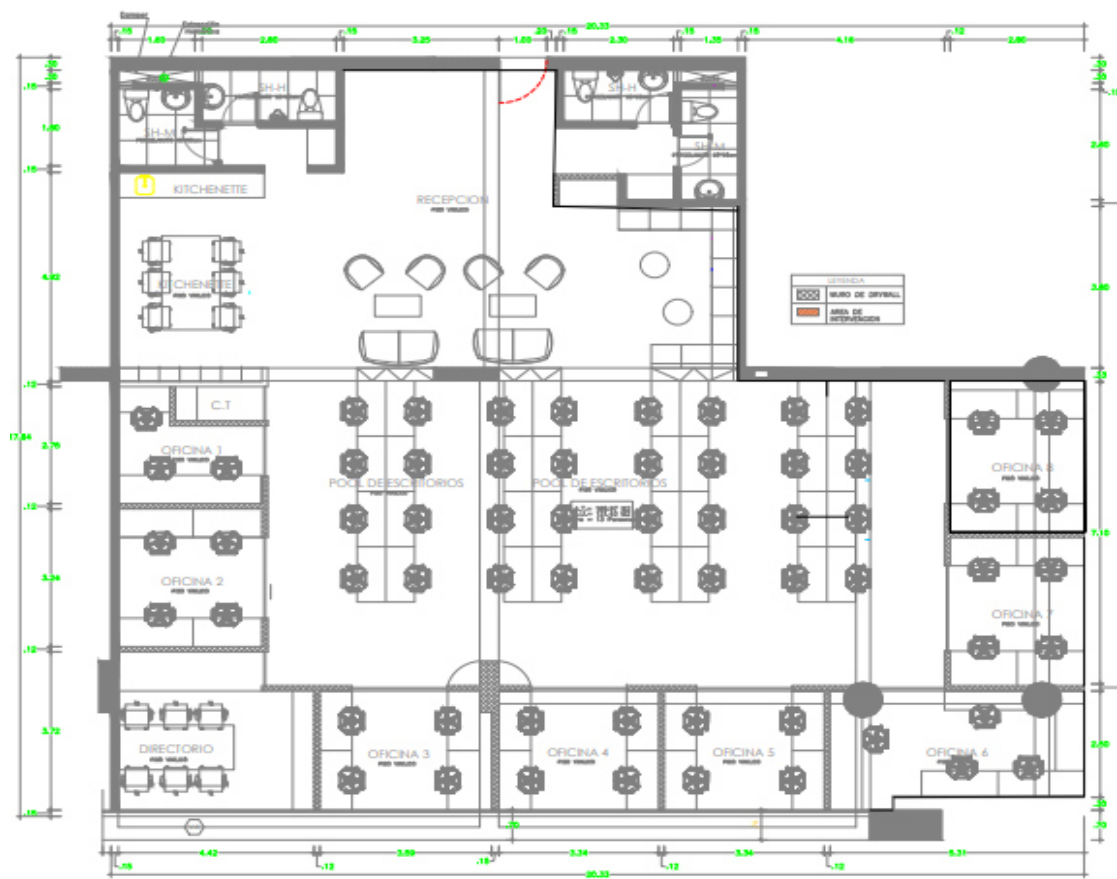


Figura 19. Plano de Arquitectura Primer piso. AZURRA CONSTRUCTORES SAC.

igual manera para el tercer ítem trata sobre la carga térmica que genera la radiación solar para una ventana con incidencia al sol. El cuarto ítem es la carga térmica que genera la radiación solar con una ventana que se encuentra en la sombra. Asimismo, para el quinto ítem se refiere a la carga térmica que genera la radiación solar para la pared que se encuentra con incidencia al sol. En el sexto ítem se refiere a la carga térmica de una pared a la sombra; para el séptimo ítem esta relaciona a la carga térmica que genera una pared interior, es decir la cantidad de calor que se trasmite de ambiente a ambiente. El octavo ítem trata sobre la carga térmica que genera la radiación solar al ambiente que se encuentra inmediato al sol (primer o último piso que este directamente al sol). El noveno ítem trata sobre la carga térmica que genera la radiación solar para el ambiente que tienen uno o más pisos arriba de. Por último, el décimo ítem trata sobre la carga térmica que generan los motores eléctricos que se encuentran en los ambientes.

Los valores que se encuentran en la columna multiplicador de la tabla, son números que el Instituto TECSUP, coloca en la tabla para tener un cálculo muy aproximado a la realidad.

En las tablas siguientes se encuentra el cálculo térmico realizado para cada ambiente según sus dimensiones.

OFICINA 1

Tabla 4.

Calculo término de la oficina 1. AZURRA CONSTRUCTORES SAC

CALCULO TÉRMICO							
OFICINA1			DECORATIVO PARED				
Ítem	Descripción			Unidad	Multiplicador	Total	
1	Aparatos eléctricos	cantidad					
	Iluminación		105	w	3.4	357	Btu/h
				w	3.4	0	Btu/h
	Laptops	4	150	w	3.4	2040	Btu/h
2	Personas presentes		4	personas	450	1800	Btu/h
3	Ventana con incidencia		0	m2	500	0	Btu/h
4	Ventanas a la sombra		0	m2	200	0	Btu/h
5	Paredes con incidencia		7.25	m2	300	2175	Btu/h
6	Paredes a la sombra		0	m2	150	0	Btu/h
7	Paredes interiores		22.25	m2	100	2225	Btu/h
8	Techo al aire libre		6.8	m2	200	1360	Btu/h
9	Techo con piso arriba o aislamiento		0	m2	60	0	Btu/h
10	Motores eléctricos (hp)		0	Hp	2545	0	Btu/h
TOTAL						9957	Btu/h

Factor del 10 %	10952.7	Btu/h
Toneladas totales	0.91273	Ton

Nota: Curso de aire acondicionado del Instituto Superior TECSUP.

OFICINA 02

Tabla 5.

Calculo térmico de la Oficina 2. AZURRA CONSTRUCTORES SAC

CALCULO TÉRMICO						
oficina 2			DECORATIVO PARED			
Ítem	Descripción		Unidad	Multiplicador	Total	
1	Aparatos eléctricos					
		147	w	3.4	499.8	Btu/h
	Laptops	150	w	3.4	2040	Btu/h
2	Personas presentes	4	personas	450	1800	Btu/h
3	Ventana con incidencia	0	m2	500	0	Btu/h
4	Ventanas a la sombra	0	m2	200	0	Btu/h
5	Paredes con incidencia	8.25	m2	300	2475	Btu/h
6	Paredes a la sombra	0	m2	150	0	Btu/h
7	Paredes interiores	23.25	m2	100	2325	Btu/h
8	Techo al aire libre	9.8	m2	200	1960	Btu/h
9	Techo con piso arriba o aislamiento	0	m2	60	0	Btu/h
10	Motores eléctricos (hp)	0	Hp	2545	0	Btu/h
TOTAL					11099.8	Btu/h

factor del 10 %	12209.78	Btu/h
toneladas totales	1.017481667	Ton

Nota: Curso de aire acondicionado del Instituto Superior TECSUP.

OFICINA 03

Tabla 6.

Cálculo térmico de La Oficina 3. AZURRA CONSTRUCTORES SAC

CALCULO TÉRMICO								
Oficina 3			DECORATIVO PARED					
Ítem	Descripción			Unidad	Multiplicador	Total		
1	Aparatos eléctricos	cantidad						
	Iluminación		147	w	3.4	499.8	Btu/h	
	Laptops	4	120	w	3.4	1632	Btu/h	
2	Personas presentes		4	personas	450	1800	Btu/h	
3	Ventana con incidencia		4.32	m2	500	2160	Btu/h	
4	Ventanas a la sombra		0	m2	200	0	Btu/h	
5	Paredes con incidencia		4.68	m2	300	1404	Btu/h	
6	Paredes a la sombra		0	m2	150	0	Btu/h	
7	Paredes interiores		23	m2	100	2300	Btu/h	
8	Techo al aire libre		9.8	m2	200	1960	Btu/h	
9	Techo con piso arriba o aislamiento		0	m2	60	0	Btu/h	
10	Motores eléctricos (hp)		0	Hp	2545	0	Btu/h	
TOTAL						11755.8	Btu/h	

Factor del 10 %	12931.38	Btu/h
Toneladas totales	1.077615	Ton

Nota: Curso de aire acondicionado del Instituto Superior TECSUP.

OFICINA 04

Tabla 7.

Cálculo térmico de la Oficina 4. AZURRA COSNSTRUCTORES SAC.

CALCULO TÉRMICO							
Oficina 04			DECORATIVO PARED				
Item	Descripción			Unidad	Multiplicador		Total
1	Aparatos eléctricos	cantidad					
	Iluminación		142.5	w	3.4	484.5	Btu/h
	Laptops	4	150	w	3.4	2040	Btu/h
2	Personas presentes		4	personas	450	1800	Btu/h
3	Ventana con incidencia		4.02	m2	500	2010	Btu/h
4	Ventanas a la sombra		0	m2	200	0	Btu/h
5	Paredes con incidencia		4.4	m2	300	1320	Btu/h
6	Paredes a la sombra		0	m2	150	0	Btu/h
7	Paredes interiores		23.5	m2	100	2350	Btu/h
8	Techo al aire libre		0	m2	200	0	Btu/h
9	Techo con piso arriba o aislamiento		9.5	m2	60	570	Btu/h
10	Motores eléctricos (hp)		0	Hp	2545	0	Btu/h
TOTAL						10574.5	Btu/h

Factor del 10 %	11631.95	Btu/h
Toneladas totales	0.969329167	Ton

Nota: Curso de aire acondicionado del Instituto Superior TECSUP.

OFICINA 05

Tabla 8.

Cálculo térmico de la Oficina 5. AZURRACONSTRUCTORES SAC.

CALCULO TÉRMICO							
Oficina 05			DECORATIVO PARED				
Ítem	Descripción			Unidad	Multiplicador	Total	
1	Aparatos eléctricos	cantidad					
	Iluminación		142.5	w	3.4	484.5	Btu/h
	Laptops	4	120	w	3.4	1632	Btu/h
2	Personas presentes		4	personas	450	1800	Btu/h
3	Ventana con incidencia		4.2	m2	500	2100	Btu/h
4	Ventanas a la sombra		0	m2	200	0	Btu/h
5	Paredes con incidencia		4.6	m2	300	1380	Btu/h
6	Paredes a la sombra		0	m2	150	0	Btu/h
7	Paredes interiores		22.6	m2	100	2260	Btu/h
8	Techo al aire libre		9.6	m2	200	1920	Btu/h
9	Techo con piso arriba o aislamiento		0	m2	60	0	Btu/h
10	Motores eléctricos (hp)		0	Hp	2545	0	Btu/h
TOTAL						11576.5	Btu/h

Factor del 10%	12734.15	Btu/h
Toneladas totales	1.061179167	Ton

Nota: Curso de aire acondicionado del Instituto Superior TECSUP.

OFICINA 06

Tabla 9.

Cálculo Térmico de la oficina 6. AZURRA CONSTRUCTORES SAC.

CALCULO TÉRMICO							
oficina 06			DECORATIVO PARED				
Item	Descripción			Unidad	Multiplicador	Total	
1	Aparatos eléctricos	cantidad					
	Iluminación		207	w	3.4	703.8	Btu/h
	Laptops	4	150	w	3.4	2040	Btu/h
2	Personas presentes		4	personas	450	1800	Btu/h
3	Ventana con incidencia		1.1	m2	500	550	Btu/h
4	Ventanas a la sombra		0	m2	200	0	Btu/h
5	Paredes con incidencia		19.5	m2	300	5850	Btu/h
6	Paredes a la sombra		0	m2	150	0	Btu/h
7	Paredes interiores		20.5	m2	100	2050	Btu/h
8	Techo al aire libre		13.8	m2	200	2760	Btu/h
9	Techo con piso arriba o aislamiento		0	m2	60	0	Btu/h
10	Motores eléctricos (hp)		0	Hp	2545	0	Btu/h
TOTAL						15753.8	Btu/h

Factor del 10 %	17329.18	Btu/h
Toneladas totales	1.44409833	Ton

Nota: Curso de aire acondicionado del Instituto Superior TECSUP.

OFICINA 07

Tabla 10.

Cálculo térmico de la Oficina 7. AZURRA CONSTRUCTORES SAC.

CÁLCULO TÉRMICO							
Oficina 07			DECORATIVO PARED				
Ítem	Descripción			Unidad	Multiplicador	Total	
1	Aparatos eléctricos	cantidad					
	Iluminación		150	w	3.4	510	Btu/h
	Laptops	4	120	w	3.4	1632	Btu/h
2	Personas presentes		4	personas	450	1800	Btu/h
3	Ventana con incidencia			m2	500	0	Btu/h
4	Ventanas a la sombra			m2	200	0	Btu/h
5	Paredes con incidencia		8.5	m2	300	2550	Btu/h
6	Paredes a la sombra			m2	150	0	Btu/h
7	Paredes interiores		23.5	m2	100	2350	Btu/h
8	Techo al aire libre		10	m2	200	2000	Btu/h
9	Techo con piso arriba o aislamiento			m2	60	0	Btu/h
10	Motores eléctricos (hp)			Hp	2545	0	Btu/h
TOTAL						10842	Btu/h

Factor del 10 %	11926.2	Btu/h
Toneladas totales	0.99385	Ton

Nota: Curso de aire acondicionado del Instituto Superior TECSUP.

OFICINA 08

Tabla 11.

Cálculo térmico de la Oficina 8. AZURRA CONSTRUCTORES SAC.

CALCULO TÉRMICO							
Oficina 08			DECORATIVO PARED				
Ítem	Descripción			Unidad	Multiplicador	Total	
1	Aparatos eléctricos	cantidad					
	Iluminación		150	w	3.4	510	Btu/h
	Laptop	6	120	w	3.4	2448	Btu/h
2	Personas presentes		6	personas	450	2700	Btu/h
3	Ventana con incidencia			m2	500	0	Btu/h
4	Ventanas a la sombra			m2	200	0	Btu/h
5	Paredes con incidencia		16	m2	300	4800	Btu/h
6	Paredes a la sombra			m2	150	0	Btu/h
7	Paredes interiores		16.3	m2	100	1630	Btu/h
8	Techo al aire libre		10	m2	200	2000	Btu/h
9	Techo con piso arriba o aislamiento			m2	60	0	Btu/h
10	Motores eléctricos (hp)			Hp	2545	0	Btu/h
TOTAL						14088	Btu/h

Factor del 10 %	15496.8	Btu/h
Toneladas totales	1.2914	Ton

Nota: Curso de aire acondicionado del Instituto Superior TECSUP.

OFICINA DIRECTORIO

Tabla 12.

Cálculo térmico del Ambiente del Directorio. AZURRA CONSTRUCTORES SAC.

CALCULO TÉRMICO							
Directorio			DECORATIVO				
Ítem	Descripción			Unidad	Multiplicador	Total	
1	Aparatos eléctricos	cantidad					
	Iluminación		215	w	3.4	731	Btu/h
	Laptops	8	150	w	3.4	4080	Btu/h
2	Personas presentes		10	personas	450	4500	Btu/h
3	Ventana con incidencia		4.8	m2	500	2400	Btu/h
4	Ventanas a la sombra		0	m2	200	0	Btu/h
5	Paredes con incidencia		14.5	m2	300	4350	Btu/h
6	Paredes a la sombra		0	m2	150	0	Btu/h
7	Paredes interiores		19.90	m2	100	1990	Btu/h
8	Techo al aire libre		14.3	m2	200	2860	Btu/h
9	Techo con piso arriba o aislamiento			m2	60	0	Btu/h
10	Motores eléctricos (hp)			Hp	2545	0	Btu/h
TOTAL						20911	Btu/h

Factor del 10 %	23002.1	Btu/h
Toneladas totales	1.91	Ton

Nota: Curso de aire acondicionado del Instituto Superior TECSUP.

POOL DE ESCRITORIOS

Tabla 13.

Cálculo térmico del Pool de escritorios. AZURRA CONSTRUCTORES SAC

CALCULO TÉRMICO							
Pool			FANCOIL				
Ítem	Descripción			Unidad	Multiplicador	Total	
1	Aparatos eléctricos	cantidad					
	Iluminación		1530	w	3.4	5202	Btu/h
	Laptops	40	150	w	3.4	20400	Btu/h
2	Personas presentes		40	personas	450	18000	Btu/h
3	Ventana con incidencia		0	m2	350	0	Btu/h
4	Ventanas a la sombra		0	m2	200	0	Btu/h
5	Paredes con incidencia		11	m2	300	3300	Btu/h
6	Paredes a la sombra		0	m2	150	0	Btu/h
7	Paredes interiores		96.5	m2	100	9650	Btu/h
8	Techo al aire libre		102	m2	200	20400	Btu/h
9	Techo con piso arriba o aislamiento		0	m2	60	0	Btu/h
10	Motores eléctricos (hp)		0	Hp	2545	0	Btu/h
TOTAL						76952	Btu/h

Factor del 15 %	88494.8	Btu/h
Toneladas totales	7.37456667	Ton

Nota: Curso de aire acondicionado del Instituto Superior TECSUP.

RECEPCIÓN Y KITCHENNETTE

Tabla 14.

Cálculo térmico de la Recepción y Kitchennette

CALCULO TÉRMICO							
Recepción, Kitechennette			FANCOIL				
Item	Descripción			Unidad	Multiplicador	Total	
1	Aparatos eléctricos	cantidad					
	Iluminación		1020	w	3.4	3468	Btu/h
	Artefactos Eléctricos		2000	w	3.4	6800	Btu/h
	Laptops	5	150	w	3.4	2550	Btu/h
2	Personas presentes		20	personas	450	9000	Btu/h
3	Ventana con incidencia		0	m2	500	0	Btu/h
4	Ventanas a la sombra		0	m2	200	0	Btu/h
5	Paredes con incidencia		22.75	m2	300	6825	Btu/h
6	Paredes a la sombra		10.25	m2	150	1537.5	Btu/h
7	Paredes interiores		35	m2	100	3500	Btu/h
8	Techo al aire libre		68	m2	200	13600	Btu/h
9	Techo con piso arriba o aislamiento		0	m2	60	0	Btu/h
10	Motores electricos (hp)		0	Hp	2545	0	Btu/h
TOTAL						47280.5	Btu/h

Factor del 15 %	54372.575	Btu/h
Toneladas totales	4.53104792	Ton

Nota: Curso de aire acondicionado del Instituto Superior TECSUP.

Tenemos los siguientes resultados que nos brinda el cálculo térmico de las tablas.

Tabla 15.

Calculo Resumen de la carga térmica de todos los ambientes de la empresa AZURRA CONSTRUCTORES SAC

	Ambientes	Capacidad calculada
1	OFICINA 01	10952.7 Btu/h
2	OFICINA 02	12209.78 Btu/h
3	OFICINA 03	12931.38 Btu/h
4	OFICINA 04	11631.95 Btu/h
5	OFICINA 05	12734.15 Btu/h
6	OFICINA 06	17329.18 Btu/h
7	OFICINA 07	11926.2 Btu/h
8	OFICINA 08	15496.8 Btu/h
9	DIRECTORIO	23002.1 Btu/h
10	POOL	88494.8 Btu/h
	RECEPCION Y	
11	KITCHENNETTE	52008.55 Btu/h

Nota: Elaboración propia.

La anterior tabla son los resultados de los cálculos de carga térmica de cada ambiente, se puede observar que algunas oficinas tienen casi la misma capacidad por tener las mismas dimensiones y otras oficinas como por ejemplo el Pool y recepción y kitchenette cuya capacidad está por encima de las demás.

4.3 Selección de la capacidad de los equipos de aire acondicionado: Expansión directa y VRV

Ahora de estos cálculos, escogemos la capacidad comercial según los catálogos para el sistema convencional y sistemas VRV. Para efectos de comparación utilizamos la marca pionera en sistemas VRV, la marca DAIKIN, cuya procedencia es japonesa y hoy en día en cuanto a tecnología para sistema de aire acondicionado es una de las mejores.

Si hablamos del sistema VRV, necesariamente nos referimos a la marca DAIKIN, pues está patentada con este nombre.

Para las demás marcas este nombre puede variar a sistema VRF (Flujo de Refrigerante Variable, la cual hace alusión a lo descrito anteriormente sobre sistemas VRV.

Tabla 16.

Selección de la capacidad de los equipos de aire acondicionado

Capacidad Comercial			
Expansión Directa		Sistema VRV	
12000 Btu/h		12300	Btu/h
12000 Btu/h		12300	Btu/h
12000 Btu/h		12300	Btu/h
12000 Btu/h		12300	Btu/h
12000 Btu/h		12300	Btu/h
18000 Btu/h		19100	Btu/h
12000 Btu/h		12300	Btu/h
18000 Btu/h		15400	Btu/h
24000 Btu/h		24200	Btu/h
2x48000 Btu/h		2x47800	Btu/h
60000 Btu/h		54600	Btu/h

Nota: Elaboración propia.

Para organizar la tabla anterior se ha considerado los catálogos Daikin que señalan a continuación:

La siguiente tabla muestra los modelos comerciales de los equipos del tipo decorativo pared

Tabla 17.

Especificaciones técnicas de la serie CL marca Daikin.

SÓLO FRÍO					
Modelo	Capacidad Nominal	Características Eléctricas	Dimensiones (cm) Ancho x Alto x Largo	Peso (kg)	Eficiencia Energética
LO NUEVO	FT-N12CL116-3	12,000 BTU/h	115-1-60	79 x 20 x 28	2.98 EER
	R-N12CL116			78 x 54 x 32	
	FT-N12CL216-3	12,000 BTU/h	208/230-1-60	79 x 20 x 28	2.93 EER
	R-N12CL216			78 x 54 x 32	
	FT-N18CL216-3	18,000 BTU/h	208/230-1-60	97 x 30 x 22	2.99 EER
	R-N18CL216			85 x 54 x 32	
	FT-N24CL216-3	24,000 BTU/h	208/230-1-60	108 x 32 x 25	2.93 EER
	R-N24CL216			91 x 68 x 38	

Nota: Catálogo de CL Sistema Mini-Split (DAIKIN, s.f.)

La siguiente tabla muestra las capacidades comerciales de los condensadores del sistema convencional de expansión directa.

Tabla 18.

Especificaciones técnicas de los condensadores del sistema convencional de expansión directa.

	DX13SA 0363A*	DX13SA 0483A*	DX13SA 0484A*	DX13SA 0603A*	DX13SA 0604A*
COOLING CAPACITIES					
Nominal Cooling (BTU/h)	36,000	48,000	48,000	60,000	60,000
SEER	13	13	13	13	13
Decibels	74	76	76	72	72
COMPRESSOR					
RLA / LRA	10.4/73	13.1/83.1	6.1/41	16/110	7.8/52
Type	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll
CONDENSER FAN MOTOR					
Horsepower	1/6	1/4	1/4	1/4	1/4
FLA	1.1	1.5	0.8	1.5	0.8

Nota: Catálogo Comercial de la serie DX13SA Split System Air Conditioner (DAIKIN, s.f.)

La presente tabla muestra la capacidad comercial de los evaporadores del tipo Split ducto

Tabla 19.

Especificaciones técnicas del evaporador tipo ducto del sistema convencional de expansión directa

	ARUF 25B14*	ARUF 29B14*	ARUF 31B14*	ARUF 37C14*	ARUF 43C14*	ARUF 49C14*	ARUF 37D14*	ARUF 43D14*	ARUF 47D14*	ARUF 49D14*	ARUF 61D14*
NOMINAL RATINGS											
Cooling (Btu/h)	24,000	25,000	30,000	36,000	42,000	48,000	36,000	42,000	43,000	48,000	60,000
Piston Size	0.051	0.057	0.065	0.072	0.076	0.080	0.072	0.076	0.076	0.080	0.080
BLOWER											
Diameter	9 1/8"	9 1/8"	9 1/8"	10 1/4"	10 1/4"	10 1/4"	10 1/4"	10 1/4"	10 1/4"	10 1/4"	11 13/16"
Width	6"	6"	6"	8"	8"	10 1/4"	10 1/4"	10 1/4"	10 1/4"	10 1/4"	10 1/4"
COIL CONNECTIONS											
Liquid	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"
Suction	3/4"	3/4"	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"
Coil Drain Connect (FPT)	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"
ELECTRICAL DATA											
Voltage	208/230	208/230	208/230	208/230	208/230	208/230	208/230	208/230	208/230	208/230	208/230
Min Circuit Ampacity	2.4/2.4	2.4/2.4	2.4/2.4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	6/6
Max. Overcurrent Device (Amps)	15/15	15/15	15/15	15/15	15/15	15/15	15/15	15/15	15/15	15/15	15/15
215.9 x 279.4 mm < >											

Nota: Catálogo comercial de ARUF SERIES. Multi-position. (DAIKIN, s.f.)

Por otro lado, para el sistema VRV se utilizó el catálogo VRV IV

Tabla 20.

Especificaciones de los equipos tipo FANCOIL del sistema VRV.

MODELO		FXMQ56AVE	FXMQ63AVE	FXMQ80AVE	FXMQ100AVE	FXMQ125AVE	FXMQ140PVE	
Fuente de energía		1 fase, 60 Hz, 220 V					1 fase, 220-240 V/220 V, 50/60 Hz	
Capacidad de enfriamiento	kcal/h	5,400	6,100	7,700	9,600	12,000	13,800	
	Btu/h	21,500	24,200	30,700	38,200	47,800	54,600	
	kW	6.3	7.1	9.0	11.2	14.0	16.0	
Capacidad de calentamiento	kcal/h	6,100	6,900	9,000	10,800	13,800	15,500	
	Btu/h	24,200	27,300	34,100	42,700	54,600	61,400	
	kW	7.1	8.0	10.0	12.5	16.0	18.0	
Consumo de energía	Enfriamiento	kW	0.230		0.298	0.376	0.461	0.404* ³
	Calentación		0.218		0.286	0.364	0.449	0.380* ³

Nota: Catálogo Comercial del sistema VRV IV (DAIKIN, 2018)

4.4. Diseño de los sistemas en las oficinas de la empresa AZURRA CONSTRUCTORES SAC

Para iniciar el diseño, se seleccionó para las Oficinas del 1 al 8 y Directorio equipos de tipo Split decorativo pared por ser áreas pequeñas y para las oficina Pool y recepción Kitchennette se escogió el modelo de tipo ducto (para el Sistema Convencional de Expansión directa) y Fancoil (Sistema VRV) porque son los más comerciales. Adicionalmente, se le diseño un inyector de aire fresco el cual se encarga de la renovación del aire.

4.4.1 Diseño del sistema de expansión directo

Para el sistema Convencional de expansión Directa se diseñaron dos planos: El plano electromecánico y el plano eléctrico que a continuación se explica:

En el plano electromecánico, cada condensador está enlazado con un evaporador mediante tuberías de cobre y tuberías eléctricas; estas dimensiones del diámetro de la tubería de cobre se obtuvieron mediante la ficha técnica del equipo decorativo pared cuyos modelos son: FTN12CL216/RN12CL216, FTN18CL216/RN18CL216, FTN24CL216/RN24CL216 y Split ducto: DX13SA483/ARUF47D14, DX13SA603AD/ARUF61D14 (catálogos que se adjunta en el anexo)

Los ductos fueron dimensionados según el caudal que suministra el equipo evaporador y también se observa difusores y rejillas los cuales fueron calculados según la fórmula que se encuentran en la metodología de la tesis.

En el mismo plano eléctrico se observa las tuberías eléctricas que alimentan a cada equipo de aire acondicionado, calculados según el catálogo que está en el anexo y se resume en la siguiente tabla.

Tabla 21.

Dimensionamiento de cables eléctricos.

ITEM	DESCRIPCION GENERAL	P. INST	FP	φ	Iarr/In	L	T	Inom	ITM		CABLE NH-80						CONFIGURACION DEL CABLE
		Idis							ITM	Idis	Iarr	Scu	ΔIn	ΔIrran			
		KW				m	V	A	A	A	A	mm2	%	%			
1	UE-OF-01	1.20	0.85	31.79	4.7	11.5	220	6.42	7.70	10	8.02	30.16	1.5	0.59	2.76	2x1.5 mm.^2 NH-80 DUCTO + 1x1.5mm.^2 NH-80(T)	
2	UE-OF-02	1.20	0.85	31.79	4.7	15	220	6.42	7.70	10	8.02	30.16	1.5	0.77	3.60	2x1.5 mm.^2 NH-80 DUCTO + 1x1.5mm.^2 NH-80(T)	
3	UE-OF-03	1.20	0.85	31.79	4.7	29	220	6.42	7.70	10	8.02	30.16	1.5	1.48	6.96	2x1.5 mm.^2 NH-80 DUCTO + 1x1.5mm.^2 NH-80(T)	
4	UE-OF-04	1.20	0.85	31.79	4.7	33	220	6.42	7.70	10	8.02	30.16	1.5	1.69	7.92	2x1.5 mm.^2 NH-80 DUCTO + 1x1.5mm.^2 NH-80(T)	
5	UE-OF-05	1.20	0.85	31.79	4.7	54	220	6.42	7.70	10	8.02	30.16	2.5	1.65	7.78	2x2.5 mm.^2 NH-80 DUCTO + 1x1.5mm.^2 NH-80(T)	
6	UE-OF-06	1.77	0.85	31.79	4.1	46	220	9.47	11.36	16	11.83	38.81	2.5	2.08	8.52	2x2.5 mm.^2 NH-80 DUCTO + 1x1.5mm.^2 NH-80(T)	
10	UE-OF-07	1.20	0.85	31.79	4.7	42	220	6.42	7.70	10	8.02	30.16	2.5	1.29	6.05	2x2.5 mm.^2 NH-80 DUCTO + 1x1.5mm.^2 NH-80(T)	
11	UE-OF-08	1.77	0.85	31.79	4.1	36	220	9.47	11.36	16	11.83	38.81	2.5	1.63	6.67	2x2.5 mm.^2 NH-80 DUCTO + 1x1.5mm.^2 NH-80(T)	
12	UE-D	2.50	0.85	31.79	4	26	220	13.37	16.04	16	16.71	53.48	2.5	1.66	6.64	2x2.5 mm.^2 NH-80 DUCTO + 1x1.5mm.^2 NH-80(T)	
13	UE-PE-A	5.90	0.85	31.79	4.6	4.5	220	18.22	21.86	25	22.77	83.80	2.5	0.39	1.80	3x2.5 mm.^2 NH-80 DUCTO + 1x1.5mm.^2 NH-80(T)	
14	UE-PE-B	5.90	0.85	31.79	4.6	7	220	18.22	21.86	25	22.77	83.80	4	0.38	1.75	3x 4 mm.^2 NH-80 DUCTO + 1x1.5mm.^2 NH-80(T)	
15	UE-RE	7.20	0.85	31.79	5	2.5	220	22.23	26.68	32	27.79	111.15	4	0.17	0.83	3x 4 mm.^2 NH-80 DUCTO + 1x1.5mm.^2 NH-80(T)	
TOTAL		32.3															

Nota: Elaboración propia.

4.4.2 Diseño del sistema VRV

Para el Sistema aire acondicionado VRV se dimensionaron las tuberías según el software Xpress VRV PERU.

Este software calcula automáticamente las tuberías seleccionando los modelos y las capacidades que el diseñador requiere para acondicionar el ambiente, además calcula las corrientes eléctricas para el dimensionamiento de cables los cuales están detallados en el reporte de selección adjunto en el anexo.

En la siguiente tabla mostramos el dimensionamiento de los cables e ITM del sistema VRV

Tabla 22.

Dimensionamiento de cables eléctricos para el Sistema VRV

ITEM	DESCRIPCION GENERAL	P. INST	FP	φ	L	T	Inom	ITM		CABLE NH-80		CONFIGURACION DEL CABLE
		KW			m	V		Idis	ITM	Idis	Scu	
1	UC-01A	10.77	0.85	31.79	8	220	33.25	39.90	40	55.00	16	2x16 mm.^2 NH-80 DUCTO + 1x6mm.^2 NH-80(T)
2	UC-01B	5.94	0.85	31.79	10	220	18.34	22.01	25	38.10	6	2x6 mm.^2 NH-80 DUCTO + 1x4mm.^2 NH-80(T)
3	UE-OF-01	0.17	0.85	31.79	11.5	220	0.52	0.20	6	1.80	1.5	2x1.5 mm.^2 NH-80 DUCTO + 1x1.5mm.^2 NH-80(T)
4	UE-OF-02				15	220						
5	UE-OF-03				29	220						
6	UE-OF-04				33	220						
11	UE-D				26	220						
7	UE-OF-05	0.11	0.85	31.79	54	220	0.35	0.13	6	1.70	1.5	2x1.5 mm.^2 NH-80 DUCTO + 1x1.5mm.^2 NH-80(T)
8	UE-OF-06				46	220						
9	UE-OF-07				42	220						
10	UE-OF-08				36	220					1.5	
12	UE-PE-A	0.461	0.85	31.79	17.1	220	2.47	2.96	6	3.40	1.5	2x1.5 mm.^2 NH-80 DUCTO + 1x1.5mm.^2 NH-80(T)
13	UE-PE-B	0.461	0.85	31.79	34	220	2.47	2.96	6	3.40	1.5	2x1.5 mm.^2 NH-80 DUCTO + 1x1.5mm.^2 NH-80(T)
14	UE-RE	0.404	0.85	31.79	10.8	220	2.16	2.59	6	3.40	1.5	2x1.5 mm.^2 NH-80 DUCTO + 1x1.5mm.^2 NH-80(T)
TOTAL		18.40										

Nota: Elaboración propia.

4.5 Costos

4.5.1 Costos de equipamiento

Una vez obtenido el diseño de ambos sistemas, se procedió a obtener precios de los equipos mediante cotizaciones de proyecto pasados de los cuales se adjunta en los anexos. A continuación, se muestra en la siguiente tabla los precios de los equipos según el modelo el cual se ha obtenido mediante el cálculo de la carga térmica.

Tabla 23.

Cuadro resumen de modelo con su precio para el sistema de expansión directa.

Ambiente	Tipo	Modelo condensador	Modelo de evaporador	Precio \$
OFICINA 01	Decorativo pared	FT-N12CL216	R-N12CL216	220.57
OFICINA 02	Decorativo pared	FT-N12CL216	R-N12CL216	220.57
OFICINA 03	Decorativo pared	FT-N12CL216	R-N12CL216	220.57
OFICINA 04	Decorativo pared	FT-N12CL216	R-N12CL216	220.57
OFICINA 05	Decorativo pared	FT-N12CL216	R-N12CL216	220.57
OFICINA 06	Decorativo pared	FT-N18CL216	R-N18CL216	312.75
OFICINA 07	Decorativo pared	FT-N12CL216	R-N12CL216	220.57
OFICINA 08	Decorativo pared	FT-N18CL216	R-N18CL216	312.75
DIRECTORIO	Decorativo pared	FT-N24CL216	R-N24CL216	407.38
POOL A	Split Fancoil	DX13SA0483	ARUF47D14	1398.44
POOL B	Split Fancoil	DX13SA0483	ARUF47D14	1398.44
RECEPCION Y KITCHENNETT	Split Fancoil	DX13SA0603	ARUF61D14	1601.69
E INYECCION DE AIRE FRESCO	Inyector	TD-6000		915
			7669.87	9203.844
				Utilidad de 20%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 24.

Cuadro resumen de modelo con su precio para el sistema VRV

Ambiente	Tipo	Modelo de evaporador	Modelo del condensador	Precio \$
OFICINA 01	Decorativo pared	FXAQ32AVE		400
OFICINA 02	Decorativo pared	FXAQ32AVE		400
OFICINA 03	Decorativo pared	FXAQ32AVE		400
OFICINA 04	Decorativo pared	FXAQ32AVE		400
OFICINA 05	Decorativo pared	FXAQ32AVE		400
OFICINA 06	Decorativo pared	FXAQ32AVE		400
OFICINA 07	Decorativo pared	FXAQ40AVE		410
OFICINA 08	Decorativo pared	FXAQ50AVE		480
DIRECTORIO	Decorativo pared	FXAQ63AVE		510
POOL A	Fancoil	FXMQ125PAVE		950
POOL B	Fancoil	FXMQ125PAVE		950
RECEPCION Y KITCHENNETTE	Fancoil	FXMQ140PAVE		990
	Refnet	KHRP26A22T		48
	Refnet	KHRP26A33T		55
	Refnet	KHRP26A72T		110
	Refnet	KHRP26A73T		170
	Refnet	KHRP26M73TP		48
	Control remoto inalámbrico	BRC1E62		68
	Control remoto inalámbrico	BRC1E63		68
	Control remoto alámbrico	BRC7EA618		78
			RHXYQ26ATL (RHXYQ16ATL + RHXYQ10ATL)	9488.57
	INYECCION AIRE FRESCO	TD-6000		915
				17738.57 21286.284 Utilidad del 20%

Nota: Elaboración propia.

4.5.2 Costos de instalación

Estos costos tienen un margen de ganancia del 20%, lo cual es un margen promedio que manejan las empresas instaladoras del sector construcción privado.

4.5.2.1 Costos de instalación de sistema Convencional de expansión directa

Los siguientes costos son basados en según el análisis de dimensionamiento de cargas eléctricas y el diseño planteado en el plano eléctrico, tomado en precios de mercado para los materiales y la mano de obra.

A. Costos de instalación de las acometidas eléctricas

Tabla 25.

Costos de instalación de las acometidas eléctricas del Sistema Convencional de Expansión Directa

		D.	mm2
AZURRA CONSTRUCTORES SISTEMA CONVENCIONAL EXPANSION DIRECTA	UC-RE	2.50	4
	UC-PE-A	4.50	2.5
	UC-PE-B	7.00	4
	UC-OF-01	11.50	1.5
	UC-OF-02	15.00	1.5
	UC-OF-D	26.00	2.5
	UC-OF-03	29.00	1.5
	UC-OF-04	33.00	1.5
	UC-OF-08	36.00	2.5
	UC-OF-07	42.00	2.5
	UC-OF-06	46.00	2.5
	UC-OF-05	54.00	2.5

INSTALACIONES ELECTRICAS	Cant.	Unid.	PU US\$	PP US\$	1.20
Cable NH-80 - 2.5mm2	422.00	m	0.36	151.92	
Cable NH-80 - 1.5mm2	177	m	0.26	46.02	
Cable NH-80 - 1.5mm2 (t)	307	m	0.26	79.69	
Cable NH-80 - 4mm2	29	m	0.52	14.82	
conector recto hermético	1	gbl	20.00	20.00	
conector curvo" hermético	1	gbl	20.00	20.00	
Tubería Conduit EMT 3/4"	21	unid	6.92	145.32	
Curvas Conduit EMT 3/4"	2	unid	1.55	3.10	
Unión Conduit EMT 3/4"	16	unid	0.44	7.04	
conector Conduit de 3/4"	2	unid	0.90	1.80	
Tubería Conduit EMT 1/2"	10	unid	1.86	18.60	

Curvas Conduit EMT 1/2"	8	unid	1.10	8.80		
Unión Conduit EMT 1/2"	16	unid	0.26	4.16		
conector Conduit de 1/2"	12	unid	0.22	2.64		
Tubería Conduit EMT 1 1/2"	1	unid	12.00	12.00		
Curvas Conduit EMT 1 1/2"	4	unid	2.55	10.20		
Unión Conduit EMT 1 1/2"	8	unid	1.44	11.52		
conector Conduit de 1 1/2"	2	unid	1.90	3.80		
Tubería Conduit EMT 2 1/2"	1	unid	30.00	30.00		
Curvas Conduit EMT 2 1/2"	1	unid	5.55	5.55		
Unión Conduit EMT 2 1/2"	2	unid	4.44	8.88		
conector Conduit de 2 1/2"	2	unid	3.90	7.80		
Tuerca Conduit	1	gbl	15.00	15.00		
Contratuerca Conduit	1	gbl	15.00	15.00		
Cinta Aislante	6	Unid.	1.18	7.08		
Cinta Masking tape 1"	2	Unid.	0.96	1.92		
Cintillo	1	Glb.	15.00	15.00		
Caja pase 4x4x2	12	Unid.	2.33	27.96		
Caja pase 6x6x4	15	Unid.	4.36	65.40		
ITM 2X10	6	Unid.	8.00	48.00		
ITM 2X16	3	Unid.	12.00	36.00		
ITM 2X25	2	Unid.	15.00	30.00		
ITM 2X32	1	Unid.	18.00	18.00		
Tablero gabinete	1	gbl	200.00	200.00		
abrazadera del tipo Oreja	1	gbl	150.00	150.00		
Terminales eléctricos	1	gbl	20.00	20.00		
Otros	8	%		100.15		
				1,364.06	1,636.87	1,636.87 US\$ Total
Mano de Obra	Cant.	Dia	PU US\$	PP. US\$	1.20	
Maestro	1	12	40.00	480.00		
Ayudante	2	12	20.00	<u>480.00</u>		

960.00	1,152.00	1,152.00	US\$ Total
Total Instalaciones			
Eléctricas:			2,788.87 US\$

Nota: Elaboración propia.

B. Costos de instalación de equipos y accesorios

Estos costos son basados en metrados realizados en el plano electro mecánico del sistema convencional de expansión directa, teniendo cuenta cada accesorio que necesita el sistema de aire acondicionado para su funcionamiento, y las protecciones que necesita para salvaguardar el correcto estado.

Se ha separado cada tabla según el diámetro de tubería que corresponde para cada equipo, tomados en la ficha técnica. Por ejemplo para equipos decorativo con capacidad de 12000 btu/h y 18000 btu/h, se usa tubería de 1/4" y tubería de 1/2". Para los equipos de 24000 btu/h se usan tuberías de diámetro de 1/4" y 5/8".

Tabla 26.

Costos de tuberías Split decorativo pared 1 TR del sistema convencional de expansión directa.

SPLIT DECORATIVO 1TR			UC-OF-1	UC-OF-2	UC-OF-3	UC-OF-4	UC-OF-5	UC-OF-6	UC-OF-8	ue-8	ue-9
L=	184.3	186	ue-1	ue-2	ue-3	ue-4	ue-5	ue-6	ue-7	ue-8	ue-9
Codos=	95		11.9	16.2	30.5	25.2	23.3	26.7	25.5	25	
Cant de Equipos =	8		8	12	12	13	12	13	13	12	
Circuitos por Equipo=	1										
Refrigeración											
Tuberías	Cant.	Unid.	PU US\$	PP. US\$	1.2						
Tub.	1/4"	186	m	1.62	301.32						
Tub	1/2"	186	m	2.20	409.20						
Codo	1/4"	0	u	0.16	0.00						
Codo	1/2"	95	u	0.29	27.55						
Unión	1/4"	7	u	0.27	1.89						
Unión	1/2"	31	u	0.48	14.88						
Cinta virginea		4	cajas	6.20	24.80						
Manguera Aislante	1/2"	102	u	1.13	115.70						
Manguera Aislante	1/4"	102	u	0.80	81.91						
Varillas											
Soldar		69	u	0.50	34.50						
Otros		5	%	.	50.59						

			1062.34	1,274.81	1,274.81	US\$
--	--	--	---------	----------	-----------------	-------------

Nota: Elaboración propia.

Tabla 27.

*Costos de accesorios refrigerante Split decorativo pared 1 TR y costos de mano de obra.
Sistema convencional de expansión directa.*

Accesorios						
Refrigerante	Cant.	Unid.	PU US\$	PP. US\$	1.2	0.00

Gas R-410a	36.9	Kg	6.50	239.59	
Filtro	1/4"	0	Unid.	7.10	0.00
visor	1/4"	8	Unid.	12.32	98.56
tuercafler	1/4"	32	Unid.	0.73	23.36
Valvula	1/4"	8	Unid.	22.90	183.20
Valvula	3/4"	0	Unid.	40.00	0.00
Codos	1/2"	0	Unid.	0.50	0.00
Codo	1/4"	0	Unid.	0.30	0.00
RED 7/8 A 5/8		0	Unid.	0.50	0.00
Tubería	1/4"	0	MTS	2.64	0.00
Tubería	1/2"	0	MTS	3.30	0.00
Separador A	1/2"	5	Unid.	122.00	610.00
Aceite Mineral	2.5	Gln.	64.40	161.00	
Valv. de Serv.					
1/4"	8	Unid.	0.52	4.16	
Control de Baja	8	Unid.	12.20	97.60	
Control de Alta	0	Unid.	12.20	0.00	
Oxi+N2	8	Glb	35.00	280.00	
Otros	5	%		84.87	
				1,782.34	2138.81
				2138.81	US\$
Mano de Obra	Cant.	Dia	PU US\$	PP. US\$	1.20
Maestro	2	9	35	630.00	
Ayudante	4	9	18	648.00	
				1278.00	1,533.60
				1,533.60	US\$
				Total	
				Instalaciones	
				Elec.	
				4,947.22	US\$

Nota: Elaboración propia.

Tabla 28.

Costos de Instalaciones eléctrica Split decorativo pared 1 TR y costos de mano de obra. Sistema convencional de expansión directa.

Inst. Eléctrica	Cant.	Unid.	PU US\$	PP US\$	1.2
Cable nh-80 2.5mm2-control	737.2	m	0.60	442.32	
Cable nh-80 2.5mm2 (t) amarillo	184	m	0.60	110.58	
Cable nh-80 4mm2 fuerza	24	m	0.60	14.40	

Cable nh-80 2.5mm2 (t) tierra de fuerza	12	m	0.60	7.20		
Tub. Flex 1/2" F°G° hermetica	32	m	1.27	40.64		
Tub. Flex 1/2" F°G°	12	m	0.98	11.76		
Abrazadera 1/0" 1 oreja	0	Unid.	0.10	0.00		
conector recto 1/2" hermetico	24	Unid.	0.65	15.60		
conector curvo 1/2" hermetico	16	Unid.	0.78	12.48		
conector recto 1/2" F°G°	16	Unid.	0.31	4.96		
conector curvo 1/2" F°G°	16	Unid.	0.62	9.92		
Tuberia Conduit 1/2"	61	unid	1.86	114.27		
Curvas conduit 1/2"	95	unid	1.10	104.27		
Union Conduit 1/2"	61	Unid.	0.26	15.97		
Caja Condulet 1/2"	0	unid	1.60	0.00		
Adaptador a caja EMT 1/2"	108.15	unid	0.70	75.71		
Protector de Phase Y Voltaje	0	Unid.	114.30	0.00		
Protector de Voltaje	8	Unid.	65.40	523.20		
Protector de ciclos cortos	8	Unid.	6.60	52.80		
Kit Hard Star	0	Unid.	17.00	0.00		
Cinta Aislante	4	Unid.	0.85	3.40		
Cintillo	1	Glb.	16.00	16.00		
Llave termomagnetica 2x20	0	Unid.	15.00	0.00		
Termostato	0	Unid.	53.00	0.00		
Temporizador	0	Unid.	0.00	0.00		
caja pase 4x4x2	54	Unid.	1.19	64.35		
Protector de termostato	0	Unid.	4.60	0.00		
Otros	5	%		82		
				1,722.06	2,066.47	2,066.47 US\$ Total
Mano de Obra	Cant.	Dia	PU US\$	PP. US\$	1.20	
Maestro	1	4	35	140.00		
Ayudante	2	4	18	144.00		
				284.00	340.80	340.80 US\$ Total
				Total Inst. Eléctr.: 2,407.27 US\$		

Nota: Elaboración propia.

Tabla 29.

Costos de Montaje y drenaje Split decorativo pared 1 TR y costos de mano de obra del Sistema Convencional de expansión directa.

Montaje y Drenaje	Cant.	Unid.	PU US\$	PP US\$	1.2
Bomba de Condensado	8	u	67.50	540.00	
Tacos Expansion 3/8"	246	u	0.27	66.421	
Varilla					
Roscada	171	u	1.40	239.40	

Angulo 1.1/2x1.1/2x1/8"	8	u	12.50	100.00					
Canal Strut									
Chatos	21	u	7.80	163.80					
Abrazadera strut para Tub 1/2"	123	u	0.59	72.57					
Abrazadera strut 3/4" para Tub 3/8"	0	u	0.61	0.00					
Abrazadera strut 1¼" para Tub 5/8"	123	u	0.67	82.44					
Abrazadera strut 1 1/2" para Tub 3/4"	0	u	0.73	0.00					
Abrazadera strut 1 1/2" para Tub 7/8"	0	u	0.73	0.00					
Abrazadera strut 2" para Tub 1 1/8"	0	u	1.10	0.00					
pintura	8	Glb	8.00	64.00					
Sodadura	8	Glb	8.00	64.00					
tinner	8	Glb	5.00	40.00					
Manguera reforzada de 1/2"	8	Metros	0.43	3.44					
tub pvc 3/4"	3	unid	3.65	10.95					
codos pvc 3/4"	32	unid	0.88	28.16					
Tee pvc 3/4"	8	unid	0.96	7.68					
Pintura									
Armafinish	0	Lt	27.51	0.00					
plancha	0	kg.	2.80	0.00					
Undercauting	0	Glb.	12.50	0.00					
Pegamento 1/8"	3	unid	2.35	7.05					
Adaptador de 3/4"	8	unid	0.50	4.03					
union universal de 3/4"	16	unid	1.70	27.20					
Pases y resanes	0	Glb.	60.00	0.00					
Otros	5	%		49.06					
				1030.16	1236.19	1236.19	US\$		
Mano de Obra	Cant.	Dia	PU US\$	PP. US\$	1.20				
Maestro	1	1.9	35	66.50					
Ayudante	2	1.9	18	68.40					
				134.90	161.88	161.88	US\$		
						1,398.0			
Total Montaje.:						7	US\$		

Nota: Elaboración propia.

Tabla 30.

Costos de tuberías Split decorativo pared 2 TR del sistema convencional de expansión directa

**EQUIPOS DE
EXPANSION DIRECTA
SPLIT
DECORATIVO 2TR**

4.3 5
UC-
D

									ue-	ue-
									8	9
L=	30.0	ue-1	ue-2	ue-3	ue-4	ue-5	ue-6	ue-7		
		25.8								

Codos= 14

14

Cant de Equipos = 1

Circuitos por Equipo= 1

Refrigeración

Tuberías		Cant.	Unid.	PU US\$	PP. US\$	1.2
Tub.	1/4"	30	m	1.80	54.00	
Tub	5/8"	30	m	4.10	123.00	
Codo	1/4"	0	u	0.20	0.00	
Codo	5/8"	14	u	0.40	5.60	
Unión	1/4"	4	u	0.30	1.20	
Unión	5/8"	4	u	0.35	1.40	
Cinta virginea		0.5	cajas	6.20	3.10	
Manguera Aislante	5/8"	14	u	1.41	20.21	
Manguera Aislante	1/4"	14	u	1.32	18.92	
Varillas						
Soldar		11	u	2.90	31.90	
Otros		5	%	.	12.97	
					272.30	326.76
						326.76 US\$

Nota: Elaboración propia.

Tabla 31.

Costos de accesorios refrigerante Split decorativo pared 2TR y costos de mano de obra. Sistema convencional de expansión directa.

Accesorios Refrig.		Cant.	Unid.	PU US\$	PP. US\$	1.2	0.00
Gas R-410a		6.0	Kg	12.80	76.80		
Filtro	1/4"	0	Unid.	16.50	0.00		
visor	1/4"	1	Unid.	16.00	16.00		
tuercafler	1/4"	4	Unid.	2.00	8.00		
Valvula	1/4"	1	Unid.	25.00	25.00		
Valvula	3/4"	0	Unid.	76.00	0.00		

Codos	1/2"	0	Unid.	0.50	0.00
Codo	1/4"	0	Unid.	0.30	0.00
RED 7/8 A 5/8		0	Unid.	0.50	0.00
Tubería	1/4"	0	MTS	2.64	0.00
Tubería	1/2"	0	MTS	3.30	0.00
Separador A	1/2"	0	Unid.	122.00	0.00
Aceite Mineral		0	Gln.	64.40	0.00
Valv. de Serv. 1/4"		1	Unid.	0.52	0.52
Control de Baja		1	Unid.	12.20	12.20
Control de Alta		0	Unid.	12.20	0.00
Oxi+N2		1	Glb	35.00	35.00
Otros		5	%		8.68
				182.20	218.64
					218.64 US\$
Mano de Obra	Cant.	Dia	PU US\$	PP. US\$	1.20
Maestro	1	1.5	35	52.50	
Ayudante	2	1.5	18	54.00	
				106.50	127.80
					127.80 US\$
				Total Refrigeración:	673.18 US\$

Nota: Elaboración propia.

Tabla 32.

*Costos de Instalaciones eléctrica Split decorativo pared 2 TR y costos de mano de obra.
Sistema convencional de expansión directa*

Inst. Eléctrica	Cant.	Unid.	PU US\$	PP US\$	1.2
Cable nh-80 2.5mm2-control	120	m	0.60	72.00	
Cable nh-80 2.5mm2 (t) amarillo	30	m	0.60	18.00	
Cable nh-80 4mm2 fuerza	6	m	0.60	3.60	
Cable nh-80 2.5mm2 (t) tierra de fuerza	3	m	0.60	1.80	
Cable nh-80 1.5mm2	60	m	0.30	18.00	
Tub. Flex 1/2" F°G° hermetica	4	m	1.27	5.08	
Tub. Flex 1/2" F°G°	4	m	0.98	3.92	

Abrazadera 1/0" 1 oreja	0	Unid.	0.10	0.00
conector recto 1/2" hermetico	3	Unid.	0.65	1.95
conector curvo 1/2" hermetico	2	Unid.	0.78	1.56
conector recto 1/2" F°G°	2	Unid.	0.31	0.62
conector curvo 1/2" F°G°	2	Unid.	0.62	1.24
Tuberia Conduit 1/2"	10	unid	1.86	18.60
Curvas conduit 1/2"	14	unid	1.10	15.40
Union Conduit 1/2"	10	Unid.	0.26	2.60
Caja Condulet 1/2"	0	unid	1.60	0.00
Adaptador a caja EMT 1/2"	14	unid	0.70	9.80
Protector de Phase Y				
Voltaje	0	Unid.	114.30	0.00
Protector de Voltaje	1	Unid.	65.40	65.40
Protector de ciclos				
cortos	1	Unid.	6.60	6.60
Kit Hard Star	0	Unid.	17.00	0.00
Cinta Aislante	1	Unid.	0.85	0.85
Cintillo	1	Glb.	3.00	3.00
Llave termomagnetica				
2x20	0	Unid.	15.00	0.00
Termostato	0	Unid.	65.00	0.00
Temporizador	0	Unid.	0.00	0.00
caja pase 4x4x2	7	Unid.	1.19	8.33
Protector de termostato	0	Unid.	4.60	0.00
Otros	5	%		12.92
				271.27 325.52 325.52 US\$ Total

Mano de Obra	Cant.	Día	PU US\$	PP. US\$	1.20
Maestro	1	1	35	35.00	
Ayudante	2	1	18	36.00	
				71.00 85.20 85.20 US\$ Total	
Nota: Elaboración propia.				Total Inst. Eléctr.:	410.72 US\$

Tabla 33.

Costos de montaje y drenaje Split decorativo pared 2 TR y costos de mano de obra. Sistema Convencional de expansión directa.

Montaje y Drenaje	Cant.	Unid.	PU US\$	PP US\$	1.2
Bomba de					
Condensado	1	u	67.50	67.50	
Tacos Expansion 3/8"	40	u	0.27	10.80	
Varilla Roscada	28	u	1.40	39.20	
Angulo 1.1/2x1.1/2x1/8"	1	u	12.50	12.50	
Canal Strut Chatos	4	u	7.80	31.20	
Abrazadera strut para Tub 1/2"	12	u	0.59	7.08	
Abrazadera strut 3/4" para Tub 3/8"	0	u	0.61	0.00	
Abrazadera strut 1¼" para Tub 5/8"	12	u	0.67	8.04	

Abrazadera strut 1 1/2" para Tub 3/4"	0	u	0.73	0.00	
Abrazadera strut 1 1/2" para Tub 7/8"	0	u	0.73	0.00	
Abrazadera strut 2" para Tub 1 1/8"	0	u	1.10	0.00	
pintura	1	Glb	8.00	8.00	
Sodadura	1	Glb	8.00	8.00	
tinner	1	Glb	5.00	5.00	
Manguera reforzada de 1/2"	1	Metros	0.43	0.43	
tub pvc 3/4"	0.5	unid	3.65	1.83	
codos pvc 3/4"	4	unid	0.88	3.52	
Tee pvc 3/4"	1	unid	0.96	0.96	
Pintura Armafinish	0	Lt	27.51	0.00	
plancha	0	kg.	2.80	0.00	
Undercauting	0	Glb.	12.50	0.00	
Pegamento 1/8"	1	unid	2.35	2.35	
Adaptador de 3/4"	1	unid	0.50	0.50	
union universal de 3/4"	1	unid	1.70	1.70	
Pases y resanes	0	Glb.	60.00	0.00	
Otros	5	%		7.06	
				148.16	177.80
					177.80 US\$
Mano de Obra	Cant.	Dia	PU US\$	PP. US\$	1.20
Maestro	1	0.5	35	17.50	
Ayudante	2	0.5	18	18.00	
				35.50	42.65
					42.65 US\$
				Total Montaje.: 220.40 US\$	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 34.

Costos de tubería Split Fancoil de 3 TR y 4 TR. Sistema Convencional de expansión directa.

EQUIPOS DE EXPANSION

DIRECTA

SPLIT FANCOIL DE 3TR Y 4 TR

													ue-	ue-
			ue-1	ue-2	ue-3	ue-4	ue-5	ue-6	ue-7	8	9			
L=	69.3	72	19.7	37.4	12.2									
Codos=	36		12	15	9									
Cant de Equipos =		3												
Circuitos por Equipo=		1												
Refrigeración														

Refrigeración

Tuberías	Cant.	Unid.	PU US\$	PP. US\$	1.2
Tubería 3/8"	72	m	1.80	129.60	
Tubería 11/8"	72	m	8.90	640.80	
Codo 3/8"	36	u	0.73	26.28	
Codo 11/8"	36	u	1.60	57.60	
Unión 3/8"	12	u	0.24	2.77	

Unión	11/8"	12	u	0.84	9.70
Cinta virgínea		1	cajas	6.20	6.20
Manguera					
Aislante	11/8"	39	u	3.00	115.50
Manguera					
Aislante	3/8"	39	u	0.90	34.65
Varillas Soldar		41	u	2.90	118.90
Otros		5	%	.	57.10
				1,199.10	1,438.93
					1,438.93 US\$

Nota: Elaboración propia.

Tabla 35.

Costos de accesorios refrigerantes Split Fancoil de 3 TR y 4 TR y costos de mano de obra Sistema Convencional de expansión directa.

Accesorios Refrigerantes	Cant.	Unid.	PU US\$	PP. US\$	1.2	0.00
Gas R-410a	13.9	Kg	12.80	177.41		
Filtro	3/8"	3	Unid.	16.50	49.50	
Visor	3/8"	3	Unid.	16.00	48.00	
Tuercafler	3/8"	18	Unid.	2.00	36.00	
Válvula	3/8"	3	Unid.	25.00	75.00	
Válvula	3/4"	0	Unid.	76.00	0.00	
Codos	1/2"	0	Unid.	0.50	0.00	
Codo	1/4"	0	Unid.	0.30	0.00	
RED 7/8 A 5/8	0	Unid.	0.50	0.00		
Tubería	1/4"	0	MTS	2.64	0.00	
Tubería	1/2"	0	MTS	3.30	0.00	
Separador A	1/2"	1	Unid.	122.00	122.00	
Aceite Mineral	0.5	Gln.	64.40	32.20		
Valv. de Serv. 1/4"	6	Unid.	0.52	3.12		
Control de Baja	3	Unid.	12.20	36.60		
Control de Alta	3	Unid.	12.20	36.60		
Oxi+N2	3	Glb	35.00	105.00		

Otros	5	%	36.07			
			757.50	909	909.00	US\$
PP.						
Mano de Obra	Cant.	Dia	PU US\$	US\$	1.20	
Maestro	2	3.5	35	245.00		
Ayudante	4	3.5	18	252.00		
			497.00	596.40	596.40	US\$
				Total Refrigeración: 2,944.32 US\$		

Nota: Elaboración propia.

Tabla 36.

Costos de instalaciones eléctricas Split Fancoil de 3 TR y 4 TR y costos de mano de obra. Sistema Convencional de expansión directa

Inst. Eléctrica	Cant.	Unid.	PU US\$	PP US\$	1.2
Cable nh-80 2.5mm2	346.5	m	0.60	207.90	
Cable nh-80 1.5mm2 (t)	69	m	0.30	20.79	
Cable nh-80 4mm2	13.5	m	0.60	8.10	
Cable nh-80 2.5mm2 (t)	5	m	0.60	2.70	
Cable nh-80 1.5mm2	12	m	0.30	3.60	
Tub. Flex 1/2" F°G° hermética	12	m	1.27	15.24	
Tub. Flex 1/2" F°G°	0	m	0.98	0.00	
Abrazadera 1/0" 1 oreja	0	Unid.	0.10	0.00	
Conector recto 1/2" hermético	9	Unid.	0.65	5.85	
Conector curvo 1/2" hermético	6	Unid.	0.78	4.68	
conector recto 1/2" F°G°	6	Unid.	0.31	1.86	
conector curvo 1/2" F°G°	6	Unid.	0.62	3.72	
Tuberia Conduit 1/2"	36	unid	1.86	66.96	
Curvas conduit 1/2"	23	unid	1.10	25.41	
Union Conduit 1/2"	36	Unid.	0.26	9.36	
Caja Condulet 1/2"	0	unid	1.60	0.00	
Adaptador a caja EMT 1/2"	0	unid	0.70	0.00	
Ptrotector de Phase Y Voltaje	3	Unid.	114.30	342.90	

Protector de Voltaje	0	Unid.	65.40	0.00	
Protector de ciclos cortos	3	Unid.	6.60	19.80	
Kit Hard Star	0	Unid.	17.00	0.00	
Cinta Aislante	1	Unid.	0.85	0.85	
Cintillo	0	Glb.	12.00	0.00	
Llave termomagnetica 2x20	0	Unid.	15.00	0.00	
Termostato	3	Unid.	65.00	195.00	
Temporizador	0	Unid.	0.00	0.00	
caja pase 4x4x2	16	Unid.	1.19	19.04	
Protector de termostato	3	Unid.	4.60	13.80	
Otros		%		0.00	
				967.56	1161.07
					1,161.07 US\$ Total
Mano de Obra	Cant.	Dia	PU US\$	PP. US\$	1.20
Maestro	1	2	35	70.00	
Ayudante	2	2	18	72.00	
				142.00	170.40
					170.40 US\$ Total

Total Inst. Eléctr.:	1,331.47 US\$
-----------------------------	----------------------

Nota: Elaboración propia.

Tabla 37.

Costos de montaje y drenaje Split Fancoil de 3 TR y 4 TR y costos de mano de obra. Sistema Convencional de expansión directa

Montaje y Drenaje	Cant.	Unid.	PU US\$	PP US\$	1.2
Bomba de Condensado	3	u	67.50	202.50	
Tacos Expansion 3/8"	93	u	0.27	25.11	
Varilla Roscada	65	u	1.40	91.00	
Angulo 1.1/2x1.1/2x1/8"	3	u	12.50	37.50	
Canal Strut Chatos	8	u	7.80	62.40	
Abrazadera strut para Tub 1/2"	35	u	0.59	20.65	
Abrazadera strut 3/4" para Tub 3/8"	35	u	0.61	21.35	
Abrazadera strut 1 1/4" para Tub 5/8"	0	u	0.67	0.00	
Abrazadera strut 1 1/2" para Tub 3/4"	0	u	0.73	0.00	
Abrazadera strut 1 1/2" para Tub 7/8"	0	u	0.73	0.00	
Abrazadera strut 2" para Tub 1 1/8"	35	u	1.10	38.50	
pintura	3	Glb	8.00	24.00	
Sodadura	3	Glb	5.00	15.00	
tinner	3	Glb	4.00	12.00	
Manguera reforzada de 1/2"	3	Metros	0.43	1.29	
tub pvc 3/4"	1	unid	3.65	3.65	
codos pvc 3/4"	12	unid	0.88	10.56	
Tee pvc 3/4"	4	unid	0.96	3.84	

Pintura Armafinish	0	Lt	27.51	0.00		
plancha	0	kg.	2.80	0.00		
Undercauting	0	Glb.	12.50	0.00		
Pegamento 1/8"	1	unid	2.35	2.35		
Adaptador de 3/4"	4	unid	0.50	2.01		
Union universal de 3/4"	6	unid	1.70	10.20		
Pases y resanes	0	Glb.	60.00	0.00		
Otros	5	%		19.07		
			400.48	480.58	480.58	US\$
Mano de Obra	Cant.	Dia	PU US\$	PP. US\$	1.20	
Maestro	1	0.7	35	24.50		
Ayudante	2	0.7	18	25.20		
			49.70	59.64	59.64	US\$
			Total Montaje.:		540.22	US\$

Nota: Elaboración propia.

4.5.2.2 Costos de instalación de sistema VRV

A. Costos de instalación de las acometidas eléctricas

Estos costos son basados según el reporte de selección ajunto en el anexo.

A diferencia del sistema convencional de expansión directa, este sistema se selección en el software VRV EXPRESS PERÚ, lo cual nos da como resultado un reporte y ahí indica las corrientes eléctricas de cada equipo evaporador y condensador. Con eso se selecciona los calibres y se calcula los materiales a usar para la instalación,

Tabla 38.

Costos de instalación eléctrica de condensadores y costos de mano de obra del Sistema VRV

AZURRA CONSTRUCTORES					D.	mm2
SISTEMA VRV CONDENSADORES				UC-01	6.00	16
				UC-02	8.00	6
UC/UE	2 UND					
Inst. Eléctrica	Cant.	Unid.	PU US\$	PP US\$	1.20	
Cable NH-80 - 16mm2	36.00	m	2.13	76.68		
Cable NH-80 - 6mm2	24	m	0.81	19.44		
Cable NH-80 - 6mm2 (t)	6	m	0.81	4.86		
Cable NH-80 - 4mm2 (t)	8	m	0.52	4.16		
Conector recto 1 1/4" hermetico	2	Unid.	2.10	4.20		
Conector curvo 1 1/4" hermetico	2	Unid.	3.11	6.22		
Tuberia Conduit EMT 1 1/4"	14	unid	11.00	154.00		
Curvas conduit EMT 1 1/4"	4	unid	2.35	9.40		
Union Conduit EMT 1 1/4"	2	unid	1.20	2.40		

Conector conduit de 1 1/4"	2	unid	1.40	2.80
Tuerca conduit	1	gbl	5.00	5.00
contratuerca conduit	1	gbl	5.00	5.00
Cinta Aislante	2	Unid.	1.18	2.36
Cinta Masking tape 1"	1	Unid.	0.96	0.96
Cintillo	1	Glb.	2.00	2.00
Caja pase 4x4x2	0	Unid.	2.33	-
Caja pase 6x6x4	4	Unid.	4.36	17.44
ITM 2X25	1	Unid.	15.00	15.00
ITM 2X40	1	Unid.	25.00	25.00
Tablero gabinete	1	gbl	200.00	200.00
Abrazadera del tipo oreja	1	gbl	20.00	20.00
Terminales eléctricos	1	gbl	12.00	12.00
Otros	8	%		47.11
			636.03	763.24
Mano de Obra	Cant.	Dia	PU US\$	PP. US\$
Maestro	1	3	40.00	120.00
Ayudante	2	3	20.00	120.00
			240.00	288.00
			Total Inst. Eléctr.:	1,051.24 US\$

Nota: Elaboración propia.

Tabla 39.

Costos de instalación eléctrica de evaporadores y costos de mano de obra del Sistema VRV

AZURRA CONSTRUCTORES				D.	mm2
SISTEMA CONVENCIONAL EVAPORADORES					
VRV			UC-Ue	90.00	1.5
UC/UE	8 UND				
Inst. Eléctrica	Cant.	Unid.	PU US\$	PP US\$	1.20
Cable NH-80 - 1.5mm2	180	m	0.26	46.80	
Cable NH-80 - 1.5mm2 (t)	90	m	0.26	23.40	
Conector recto hermético de 3/4"	1	und	2.10	2.10	
Conector curvo" hermetico 3/4"	1	und	3.10	3.10	
Tuberia Conduit EMT 3/4"	21	unid	7.92	166.32	
Curvas conduit EMT 3/4"	2	unid	1.55	3.10	
Union Conduit EMT 3/4"	16	unid	0.64	10.24	
Conector conduit de 3/4"	2	unid	0.90	1.80	
Tuerca Conduit	1	gbl	15.00	15.00	
Contratuerca Conduit	1	gbl	15.00	15.00	
Cinta Aislante	6	Unid.	1.18	7.08	
Cinta Masking tape 1"	2	Unid.	0.96	1.92	
Cintillo	1	Glb.	15.00	15.00	
Caja pase 4x4x2	25	Unid.	2.33	58.25	
ITM 2X6	5	Unid.	8.00	40.00	
Tablero gabinete	1	gbl	200.00	200.00	
Abrazadera del tipo oreja	1	gbl	150.00	150.00	

Terminales eléctricos	1	gbl	20.00	20.00		
Otros	8	%		62.33		
				841.44	1,009.73	US\$ Total
Mano de Obra	Cant.	Día	PU US\$	PP. US\$	1.20	
Maestro	1	7	40.00	280.00		
Ayudante	2	7	20.00	280.00		
				560.00	672.00	
Total Instalación eléctrica:				1,681.73	US\$ Total	

Nota: Elaboración propia.

B. Costos de instalación de equipos y accesorios

En el reporte de selección se ingresan las distancias del recorrido de diámetro de tuberías y automáticamente nos arroja que diámetro de tubería usar, es por ello que en base a eso armamos una hoja de costos según las distancias que nos da.

Además de ello, se incluyó los accesorios que corresponden para el sistema VRV, y lo necesario para la instalación, montaje y arranque.

Tabla 40.

Costos de tuberías y de mano de obra del Sistema VRV

			CAPAC.	154,000	BTU/h		
OFICINA DE TRABAJO			CAPAC.		BTU/h		
SISTEMA VRV - HEAT PUMP - DAIKIN			CAPAC.		BTU/h		
FECHA: JUNIO-19			CAPAC.		BTU/h		
UC:	2	UND	CAPAC.		BTU/h		
UE:	12	UND	CAPAC.		BTU/h		
SISTEMAS:	1	UND	C.TOTAL	154,000	BTU/h	12.83	TON

Refrigeración

Tuberías		Cant.	Unid.	PU US\$	PP. US\$	1.20	
Tub.	1/4"	18	m	1.10	19.80		
Tub	7/8"	12	m	5.10	61.20		
Tub	1/2"	42	m	2.20	92.40		
Tub	1 1/8"	24	m	7.80	187.20		
Tub	3/8"	54	m	1.63	88.02		
Tub	5/8"	36	m	2.93	105.48		
Tub	1 3/8"	6	m	10.56	63.36		
Tub	1 5/8"	0	m	12.74	-	210	56
						105	28
Codo	3/4"	5	u	0.53	2.65	35	
Codo	3/8"	12	u	0.24	2.88		

Codo	1/2"	20	u	0.35	7.00	
Codo	1 1/8"	4	u	1.41	5.64	13.125
Codo	7/8"	0	u	0.81	-	
Codo	5/8"	11	u	0.35	3.85	
Codo	1 3/8"	4	u	2.10	8.40	
Codo	1 5/8"	0	u	3.21	-	
Unión	5/8"	1	u	0.35	0.35	
Unión	3/8"	3	u	0.24	0.72	
Unión	1/2"	2	u	0.28	0.55	
Unión	1/4"	0	u	0.30	-	
Unión	7/8"	1	u	0.64	0.64	
Unión	1 1/8"	2	u	0.84	1.67	
Unión	3/4"	1	u	0.36	0.36	
Unión	1 3/8"	0	u	1.46	-	
Unión	1 5/8"	0	u	2.00	-	
Unión	1 1/2"		u	2.20	-	
Manguera Aislante	1/4"	10	u	1.32	13.20	
Manguera Aislante	3/4"	10	u	1.69	16.94	
Manguera Aislante	7/8"	7	u	1.50	10.00	
Manguera Aislante	1/2"	23	u	1.13	26.37	
Manguera Aislante	1 1/8"	13	u	3.00	40.00	
Manguera Aislante	3/8"	30	u	0.90	27.06	
Manguera Aislante	5/8"	20	u	1.41	28.16	
Manguera Aislante	1 3/8"	3	u	3.57	11.90	
Manguera Aislante	1 5/8"	0	u	4.32	-	
Manguera Aislante	1 1/2"	0	u	-	-	
Varillas Soldar 0%		58	u	2.90	168.20	
Otros		5	%	. -	53.76	
						1,128.94 1,354.73 1,354.73 1,354.73 US\$

Nota: Elaboración propia.

Tabla 41.

Costos de accesorio refrigerante y de mano de obra del Sistema VRV

Accesorios Refrig.	Cant.	Unid.	PU US\$	PP. US\$	1.20	0.00
Gas R-410A	22.6	Kg	6.50	146.90		
Filtro	1/2"	0	Unid.	19.00	-	
Visor liquido/humedad	1/2"	0	Unid.	16.00	-	
Tuercafler	1/2"	0	Unid.	4.63	-	
Válv. de paso de	1/2"	0	Unid.	23.00	-	
Válv. de paso de	1/4"	0	Unid.	20.00	-	
Válv. de paso de	3/8"	0	Unid.	25.60	-	
Válv. de paso de	5/8"	0	Unid.	26.00	-	
Válv. de paso de	3/4"	0	Unid.	76.00	-	
Válv. de paso de	7/8"	0	Unid.	33.00	-	
Válv. de paso de	1/8"	0	Unid.	47.00	-	
Válv. de paso de	3/8"	0	Unid.	79.00	-	
Válv. de paso de	5/8"	0	Unid.	94.00	-	
Valv. de Serv. 1/4"	0	Unid.	0.51	-		
Cinta negra	0	Unid.	11.29	-		
Oxi+N2	1	Glb	306.85	306.85		
Otros	5	%		22.69		
				476.44	571.73	571.73 US\$
Mano de Obra	Cant.	Dia	PU US\$	PP. US\$	1.20	
Maestro	2	12	40.00	960.00		
Ayudante	4	12	20.00	960.00		
				1,920.00	2,304.00	2,304.00 US\$
				Total Refrig.: 4,230.45 US\$		

Nota: Elaboración propia.

Tabla 42.

Costos de instalaciones eléctricas y de mano de obra del Sistema VRV

Inst. Eléctrica	Cant.	Unid.	PU		1.20
			US\$	PP US\$	
Cable THW Apantallado 3x18	237	m	0.61	144.66	
Cable NH-80 - 2.5mm2	36	m	0.36	12.96	
Cable NH-80 - 1.5mm2 (t)	18	m	0.26	4.68	
Cable NH-80 - 16mm2	18	m	2.13	38.34	
Cable NH-80 - 6mm2 (t)	6	m	0.81	4.86	
Cable NH-80 - 10mm2	0	m	1.43	-	
Cable NH-80 - 6mm2 (t)	0	m	0.81	-	
Cable NH-80 - 6mm2	0	m	0.81	-	
Cable NH-80 - 4mm2 (t)	0	m	0.52	-	
Cable NH-80 - 95mm2	0	m	-	-	
Cable NH-80 - 70mm2 (t)	0	m	-	-	
Tub. Flex 1 " F°G° con forro	6	m	3.11	18.66	
Tub. Flex 1/2" F°G° con forro	6	m	1.82	10.92	
Tub. Flex 1/2" F°G° (CONTROL Y FUERZA)	48	m	1.82	87.36	
Conector recto 1" hermético	2	Unid.	2.10	4.20	
Conector curvo 1" hermético	2	Unid.	3.11	6.22	
Conector recto 1/2" F.G	12	Unid.	0.90	10.80	
Conector curvo 1/2" F.G	12	Unid.	1.55	18.60	
Conector recto 1/2" Hermético	2	Unid.	1.18	2.36	
Conector curvo 1/2" Hermético	2	Unid.	1.40	2.80	
Tubería Conduit EMT 1/2"	35	unid	6.92	242.20	
Curvas Conduit EMT 1/2"	28	unid	1.55	43.40	
Caja Conduit EMT 1/2"	0	unid	3.00	-	
Unión Conduit EMT 1/2"	687	unid	0.44	302.28	
Conector conduit de 1/2"	59	unid	0.90	53.10	
Tuerca conduit	118	unid	0.90	106.20	
Contratuerca conduit	118	unid	1.18	139.24	
Cinta Aislante	3	Unid.	1.18	3.54	
Cinta Masking tape 1"	2	Unid.	0.96	2.30	
Cintillo	1	Glb.	10.00	10.00	
Caja pase 4x4x2	30	Unid.	2.33	68.74	
Caja pase 6x6x4	2	Unid.	4.36	8.72	
Otros	3	%		40.41	
			1,387.55	1,665.06	1,665.06 US\$ Total
Mano de Obra	Cant.	Dia	PU		1.20
			US\$	PP. US\$	
Maestro	1	6	40.00	240.00	
Ayudante	2	6	20.00	240.00	
			480.00	576.00	576.00 US\$ Total
			Total Inst. Eléctr.:	2,241.06	US\$

Nota: Elaboración propia.

Tabla 43.

Costos de montaje y drenaje y costos de mano de obra del Sistema VRV

Montaje y Drenaje	Cant.	Unid.	PU US\$	PP US\$	1.20
	16	u	0.25	41.25	
Tacos Expansión 3/8"	5	u			
Varilla Roscada	76	u	1.02	77.52	
Angulo 1.1/2x1.1/2x1/8"	2	u	6.50	13.00	
Canal strut chato	43	u	6.30	273.89	
Abrazadera para canal strut para tubería Conduit 1/2"	53	u	0.90	47.25	
Abrazadera strut de 1" para Tub. 1/2"	21	u	1.13	23.73	
Abrazadera strut 3/4" para Tub. 3/8"	27	u	1.10	29.70	
Abrazadera strut 1 1/4" para Tub. 5/8"	18	u	1.18	21.24	
Abrazadera strut 1 1/2" para Tub 3/4"	9	u	1.30	11.70	
Abrazadera strut 1 1/2" para Tub 7/8"	6	u	1.30	7.80	
Abrazadera strut 2" para Tub 1 1/8"	12	u	1.81	21.72	
Abrazadera strut 2" para Tub 1 3/8"	3	u	1.81	5.43	
Abrazadera strut 2 1/2" para Tub 1 5/8"	0	u	2.08	-	
Canal U 3"x1/4" x 6 mts.	3	unid	60.00	180.00	
Pintura	2	Glb	150.00	300.00	
Sodadura	2	Glb	80.00	160.00	
Terokal	2	Glb.	30.00	60.00	
Jebes antivibratorios	1.0	m2	110.00	109.36	
Tuberia pvc 3/4"	4.0	unid	3.92	15.68	
Tuberia pvc 1"	0.0	unid	4.27	-	
Tuberia pvc 1 1/4"	0.0	unid	4.87	-	
Codo Pvc 3/4"	48.0	unid	0.80	38.40	
Codo Pvc 1"	0.0	unid	1.03	-	
Codo Pvc 1 1/4"	0.0	unid	1.83	-	
Tee pvc 3/4"	4	unid	0.96	3.84	
Tee pvc 1"	0	unid	1.10	-	
Tee pvc 1 1/4"	0	unid	2.96	-	
Reduccion de pvc de 1 1/4" - 1"	0	unid	1.84	-	
Reduccion de pvc de 1" - 3/4"	0	unid	0.71	-	
union universal 3/4"	24	unid	1.70	40.80	
union universal 1"	0	unid	2.26	-	
union universal 1 1/4"	0	unid	4.94	-	
Pegamento 1/8"	1	unid	5.90	5.90	
Pernos, huachas.	1	Glb.	25.00	25.00	
Adaptador 3/4"	12	unid	0.47	5.64	

Plastico	1	Glb.	10.00	10.00			
Trapo Industrial	1	Glb.	10.00	10.00			
Otros	5	%		76.94			
				1,615.80	1,938.96	1,938.96	US\$
Mano de Obra	Cant.	Dia	PU US\$	PP. US\$	1.20		
Maestro	1	1.5	40.00	60.00			
Ayudante	2	1.5	20.00	60.00			
				120.00	144.00	144.00	US\$
				Total Montaje.			
				:		2,082.96	US\$

ARRANQUE DE SISTEMAS (OPERADOR DE DAIKIN)

Mano de Obra Arranque de equipos	Cant.	Dia	PU US\$	PP. US\$	1.15		
Maestro	1	0	300.00	-			
				-	0.00	0.00	US\$
				Total Montaje.:		0.00	US\$

Nota: El costo de arranque de lo sistemas será considerado en el ítem de pruebas, ítem independiente dentro de la plantilla de presupuesto.

Nota: Elaboración propia.

4.5.2.3 Costos de acometida eléctrica e instalación de equipo del inyector de aire fresco.

La siguiente tabla trata sobre el costo de instalación para poder instalar el inyector de aire fresco.

Sus cables eléctricos se calculan según la corriente que figura en la ficha técnica y según se calcula que materiales eléctricos se usará.

Además, hay una tabla por montaje, el cual trata sobre lo necesario para poder montar el equipo al techo.

Tabla 44.

Costos de instalaciones eléctricas y mano de obra del inyector de aire fresco

Equipos de Ventilación	ITE M	TAG	U N D	POT	L. FUERZ A (metros)	L. CONTROL (metros)	VFD
	1	FANCO IL	1	1/2 HP	20	0	
	TOTAL						0

Inst. Eléctrica	Cant.	Unid.	PU US\$	PP US\$	1.20
temporizador programable digital	1	unid	47.5	47.50	
ITM 2 X 6 A	1	unid	18	18.00	
temporizador de desconexión	0	unid	15	0.00	
Cable NH-80 - 1.5mm2					
fuerza	40	m	0.24	9.60	
Cable NH-80 - 1.5mm2 (t)	20	m	0.24	4.80	
Tub. Flex 1/2" F°G°	1.5	m	1.64	2.46	
Tub. Flex 1/2" F°G° con forro	1.5	m	1.91	2.87	
Abrazadera 1/0" 1 oreja	10	unid	0.10	1.00	
conector recto 1/2" F.G	2	unid	0.83	1.66	
conector curvo 1/2" F.G	2	unid	1.37	2.74	
conector recto 1/2"			1.23	2.46	
Hermético	2	unid	1.64	3.28	
conector curvo 1/2"	2	unid	3.30	23.10	
Tuberia Conduit EMT 1/2"	5	unid	1.30	6.50	
Curvas conduit EMT 1/2"	2	unid	3.00	6.00	
Caja Condulet EMT 1/2"	24	Unid.	0.82	19.68	
Union Conduit EMT 1/2"	0	Unid.	0.44	0.00	
conector conduit de 1/2"	2	Unid.	0.96	1.92	
Cinta Aislante	0	Unid.	10.00	0.00	
Cinta Vulcanizante	0	Unid.	0.96	0.00	
Cinta Masking tape 1"	1	Glb.	6.00	6.00	
Cintillo	5	Unid.	2.46	12.30	
caja pase 4x4x2	0	Unid.	4.36	0.00	
caja pase 6x6x4	5	%		8.59	
Otros				180.46	216.55 US\$

Mano de Obra	Cant.	Dia	PU US\$	PP. US\$	1.20
Maestro	1	2	40	80.00	
Ayudante	2	2	20	80.00	
				160.00	192.00 US\$

			Total Instalaciones Eléctricas:	408.55 US\$
--	--	--	--	--------------------

Nota: Elaboración propia

Tabla 45.

Costos de montaje y mano de obra del inyector de aire fresco.

Montaje	Cant.	Unid.	PU US\$	PP US\$	1.15
Angulo de 1 1/2"x1/8"x6m	0	u	12.00	0.00	
Tacos Expansion 3/8"	4	u	0.25	1.10	
Canal strut	1	u	7.80	5.20	
Varilla roscada 3/8"	4	u	1.40	5.60	
Plastico	1	Glb	5.00	5.00	
Trapo Industrial	1	Glb	5.00	5.00	
Pernería	1	Glb	15.00	15.00	
Gebe de neoprene 1/2"	0	m2	110.00	0.00	
Otros	5	%		1.85	
				38.75	44.56
					US\$
Mano de Obra	Cant.	Dia	PU US\$	PP. US\$	1.50
Maestro	1	0.2	40	8.00	
Ayudante	1	0.2	20	4.00	
				12.00	18.00
					US\$
				Montaje.:	62.56 US\$

Nota: Elaboración propia.

4.6 Consolidado de cálculos realizados en la implementación de los sistemas de aire acondicionado

La siguiente tabla nos muestra un resumen de las sumas de todos los costos de acometidas eléctricas mas los costos de instalación de equipos, separados por sistema.

Tabla 46.

Tabla Resumen de los costos de acometidas eléctricas y los costos de instalación de equipos.

	Sistema convencional de expansión directa	Sistema VRV
Costo de Equipamiento de aire acondicionado (\$)	9203.844	21286.284
Costo de acometida eléctrica (\$)	3204.08	3245.47
Costo de instalación de equipos y accesorios (\$) (incluye ventilador)	14872.89	8554.47
TOTAL	27280.814	33086.224

Nota: Elaboración propia.

Esta tabla trata sobre los demás gastos que incluye la instalación de ambos sistemas. Estos gastos se comparten para ambos ya que son gastos fijos que ambos sistemas usarán como los kilos de ductos, el aislamiento para que el aire frío no condense a través de los ductos, las rejillas de inyección de aire acondicionado, gastos administrativos, que son un aproximado de 5% según empresas del sector, los cuales se usarán para el pago de la luz, agua, personal de secretariado, útiles, entre otros.

Tabla 47.

Costo de complemento de presupuesto.

	Unidades	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Ductos de aire acondicionado	Kg	503	3	1509
Aislamiento	m2	66.69	6.5	433.485
Ductos de ventilación	Kg	329	3	987
Rejillas aire acondicionado	pulg2	2696	0.22	593.12
Rejillas de ventilación	pulg2	324	0.22	71.28
Transporte de materiales. Equipamiento,etc	gbl	1	250	250
Costo Sanitario	gbl	1	800	800
Gastos administrativos	gbl	1	1692.19425	1692.19425
TOTAL				6336.0793

Nota: Elaboración propia.

Las tablas 48 y 49 trata sobre el mantenimiento preventivo para cada sistema, el cual es un gasto que se va a mantener para siempre. Se recomienda realizar el mantenimiento preventivo 3 veces por año o cuatrimestral.

Estos gastos son basados en precios de mercado que empresas del rubro cobran a sus clientes.

Tabla 48.

Mantenimiento preventivo sistema convencional de expansión directa.

Ambiente	Modelo	P.unitario (\$) - incluido ganacia
OFICINA 01	FXAQ32AVE	20
OFICINA 02	FXAQ32AVE	20
OFICINA 03	FXAQ32AVE	20
OFICINA 04	FXAQ32AVE	20
OFICINA 05	FXAQ32AVE	20
OFICINA 06	FXAQ32AVE	20
OFICINA 07	FXAQ40AVE	20
OFICINA 08	FXAQ50AVE	20
DIRECTORIO	FXAQ63AVE	20
POOL A	FXMQ125PAVE	30
POOL B	FXMQ125PAVE	30
RECEPCION Y KITCHENNETTE	FXMQ140PAVE	30
CONDENSADOR 1	RHXYQ10ATL	50
CONDENSADOR 2	RHXYQ16ATL	50
INYECCION DE AIRE FRESCO	TD-6000	25
TOTAL (\$)		395

Nota: Elaboración propia.

Esta tabla trata sobre la suma de la tabla 46 más la tabla 47, la cual es la sumatoria total de la instalación separado por cada sistema.

En resumen viene a ser la cotización final que la empresa de servicio le brinda al cliente para que pueda decidir qué sistema instalar.

Tabla 49.

Costo total por sistemas.

	Sistema convencional de expansión directa	Sistema VRV
TOTAL \$	33617.6	39423.014
Diferencia	5805.414	

Nota: Elaboración propia.

La siguiente tabla nos muestra el consumo nominal a plena carga de los equipos de aire acondicionado separado por sistema, esto se encuentra al final, en la sumatoria de las tablas de dimensionamiento de cables, la tabla 21 y tabla 22.

Tabla 50.

Consumo eléctrico nominal a plena carga

	Sistema convencional de expansión directa	Sistema VRV
TOTAL kW	32.3	18.4
Diferencia	13.9	

Nota: Elaboración propia.

La tabla 51, nos muestra un análisis del costo del consumo eléctrico por la diferencia entre ambos sistemas apoyado de la tabla 50.

El costo del kWh es tomado de un recibo de Luz Del Sur que le cobra a una empresa. El cual es 0.5153 soles. Además la tabla muestra la diferencia de precios por el mantenimiento durante un año y durante un mes.

Tabla 51.

Costo diferencial de energía eléctrica y mantenimiento preventivo

Horas al año	Energía		Costo diferencial		Costo diferencial mantenimiento	
784	10897.6	kWh	1636.276276	\$	780	\$
					servicio de 4 veces por año	
Horas al mes	Energía		Costo diferencial		Costo diferencial mantenimiento	
196	2724.4	kWh	409.0690691	\$	260	\$
					servicio al 4to mes	

La siguiente tabla nos muestra el costo diferencial total incluido el mantenimiento al usar el sistema convencional de expansión directa frente al sistema VRV.

Tabla 52.

Tiempo de recuperación de dinero invertido

Tiempo	Costo
1 año	2416.276276
2 años	4832.552553
1 mes	5241.621622
2do mes	5650.690691
3er mes	6059.75976

Capítulo V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Con los sistemas de aire acondicionado: Convencional de expansión directa y VRV se logrará una situación de confort dentro de las instalaciones del ambiente, llegando a condiciones de temperatura y humedad aceptables por parte de los usuarios y de las normas técnicas exigidas por los organismos reguladores.

Se determinó la eficiencia energética entre ambos sistemas y se concluyó que el sistema VRV es más eficiente que el sistema convencional de expansión directa, porque el *consumo eléctrico* nominal a plena carga según la tabla 21, resulta ser 18.4 kW, mientras que el sistema convencional directa según la tabla 22, resulta ser 32.3 kW. Teniendo una diferencia de 13.9 kW. Lo que significa que teniendo el mismo servicio de aire acondicionado, en el sistema VRV se tendría un menor consumo.

Se calculó el costo de instalación para cada sistema, encontrando una diferencia de acuerdo a la tabla 49, de 5,805.414 dólares por el uso del sistema VRV en comparación con el sistema convencional de expansión directa, que permite señalar que el sistema VRV es más caro en su instalación haciendo que el sistema convencional de expansión directa sea una alternativa más atractiva para el cliente aparentemente; sin embargo se debe tomar en cuenta el costo diferencial del uso de la energía eléctrica de ambos sistemas.

El costo diferencial de 5,805.414 según la tabla 52 que señala el tiempo de recuperación usando el sistema solo como aire acondicionado de cuatro meses por año que vienen hacer entre la quincena de diciembre a la quincena de abril con una

jornada de trabajo de 8 horas diarias se recupera en dos años con tres meses. A partir de esa fecha usando el sistema VRV todo es ahorro.

5.2. Recomendaciones

Por tal motivo, sabiendo que usando el sistema VRV, el dinero será retribuido en un tiempo de 2 años con 3 meses usando el sistema solo como aire acondicionado, se recomienda que el cliente no solo se fije en los gastos iniciales, sino que vea más allá, en la eficiencia de los equipos que a la larga tal y como lo demuestra esta tesis resulta ser más económico.

Estos sistemas se usan por lo general alrededor de 15 a 20 años, por lo que el ahorro es mucho mayor si lo vemos a ese nivel.

Además, al usar menos energía contribuimos a la reducción de contaminación ambiental.

Teniendo en cuenta los diseños planteados en los planos electro mecánicos de ambos sistemas, podemos observar que el sistema convencional de expansión directa ocupa mayor volumen en la azotea. Lo cual convierte al sistema VRV, como un sistema muy útil para ambientes donde el área es un limitante.

Si tenemos en cuenta el norte del país donde el calor se hace presente durante todos los días del año como Piura, Tumbes, etc. Teniendo en cuenta los resultados de esta tesis, la recuperación del dinero invertido se realizará en mucho menor tiempo.

Capítulo VI

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ASHRAE Handbook. (2009). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*.

Obtenido de <https://docplayer.es/91558011-Diseno-del-sistema-de-acondicionamiento-de-aire-y-ventilacion-mecanica-para-la-biblioteca-de-la-escuela-tecnologica-instituto-tecnico-central.html>

Asociación Ecologista de Defensa de la Naturaleza (AEDENAT). (Noviembre de 1998).

Ante el cambio climatico menos CO2. Obtenido de https://archivo.ecologistasenaccion.org/uploads/r/null/3/4/3/3434ea80a6b7c0ffbf1d3baf9e00eec5eee7ae8566ea9596e8ae436a514635a5/1988-11_AEDENAT-CODA-CCOO-UGT_Ante_el_cambio_climatico_menos_CO2.pdf

Blender, M. (10 de Marzo de 2015). *Confort Térmico*. Obtenido de ARQUITECTURA & ENERGIA: <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-confort-termico/>

Bolivar, L. P., & Martinez, M. A. (2014). *Estudio de eficiencia energetica de equipos y sistemas de aire acondicionado en la edificación del bloque G de la Universidad Autónoma del Caribe*. Barranquilla, Colombia: Universidad Autónoma del Caribe. Obtenido de <http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/123456789/803/TMEC%201136.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Carrier Refrigeración Ibérica. (s.f.). *Willis Carrier: El inventor del aire acondicionado moderno*. Obtenido de <https://www.carrier.com/commercial-refrigeration/es/ib/about/willis-carrier/?fbclid=IwAR0WTi8qp0hoILz8QTuYajLp6cwAJYZ6VwoHNbskDrdbXXn3VHILkWUi8I>

Colocho, N., Daza, P., & Guzmán, M. (2011). *Manual Básico de Sistemas de aire acondicionada y de extracción mecanica de uso común en Arquitectua*. Antiguo Cuscatlan, El Salvador: Universidad Dr.José MatíasDelgado. Obtenido

de

<https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/06/ARQ/ADTESCM0001340.pdf>

Consejo Mundial de Energía. (2004). *Eficiencia energética: Una revisión mundial*.

Obtenido de <https://www.worldenergy.org/publications/entry/energy-efficiency-a-worldwide-review>

Consejo Mundial de Energía. (2019). *Índice de Trilema Energético Mundial 2019*.

Obtenido de <https://trilemma.worldenergy.org/>

Consultores energía y Regulación, ARCAN Engineering y CENERGIA. (Enero de 2012).

Elaboración de la Nueva Matriz Energética Sostenible y Evaluación Ambiental Estratégica, como instrumentos de Planificación. Obtenido de http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/eficiencia%20energetica/publicaciones/guias/Informe_completo_Estudio_NUMES.pdf

DAIKIN. (2018). VRV IV. Obtenido de

https://daikinlatam.com/content/uploads/2018/06/VRV_IV.pdf

Daikin S.A.C. (3 de Mayo de 2016). *Control Climático Integrado VRV*. Obtenido de

<http://www.daikin.es/area-de-profesionales/climatizacion-para-su-negocio/bancos/vrv/>

DAIKIN. (s.f.). *DX13SA Split System Air Conditioner*. Obtenido de

<https://climastock.com.mx/producto/condensadora-daikin-dx13/>

DAIKIN. (s.f.). *ARUF SERIES. MULTI-POSITION*. Obtenido de

<https://cms.daikincomfort.com/docs/default-source/default-document-library/specifications/ss-darufb00f429c28106fdcb7baff010071c566.pdf?sfvrsn=5>

DAIKIN. (s.f.). *Catálogo Serie CL Sistema Mini-Split Daikin*. Obtenido de

<https://climaproyectos.com.mx/wp-content/uploads/2017/03/Mini-Split-Daikin-R-410A-1.pdf>

Delgado, D., & Donoso, E. (2009). *Cálculo de la carga de enfriamiento y selección de la capacidad de los equipos climatizadores para un edificio de labores*

administrativas aplicado al diseño de un sistema de agua enfriada por aire, con volumen variable. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politecnica ESPOL. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/1530>

Dirección General de Eficiencia Energética MINEM. (Julio de 2013). *Politica del estado Peruano sobre eficiencia energetica.* Obtenido de <http://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/Publico/OficinaComunicaciones/EventosRealizados/ForoIca/1/1%20Políticas%20de%20Eficiencia%20Energética%20-%20Carlos%20Caceres%20DGEE.pdf>

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia CENICAFE. (s.f.). *La Humedad del aire.* Obtenido de <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/859/9/7.%20Humedad%20aire.pdf>

Gaspar, W. J. (2019). *Recirculación del aire acondicionado que ingresa al Hotel María Angola-Miraflores, para reducir el consumo de energía en instalaciones de climatización*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.

Golden, F. (s.f). *Termodinamica para aplicaciones.* Santa Fe, Mexico: Universidad Iberoamericana. Obtenido de <http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/Curso%20Mabe%20Termo/Termodinamica%20para%20aplicaciones.pdf>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodologia de la Investigacion* (6ª ed.). Mexico, Mexico: Mc Graw-Hill/ INTERAMERICANA EDITORES S.A. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

León, J. (2012). El Trilema energetico del WEC para la sostenibilidad energética. *ENERGIABolivia. Centro de Comunicacion Alternativa CECAL SRL.* Obtenido de http://www.energiabolivia.com/index.php?option=com_content&view=article&id=628&Itemid=183

- Llorens, G. (2015). *Eficiencia energética en sistemas de climatización en una antigua masía valenciana para su uso en eventos*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/57154>
- Machicao, J. C., & Olazabal, J. (2013). *Matriz energetica en el Perú y energias renovables*. Lima, Perú: Fundacion Friedrich Eber (FES). Obtenido de <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/peru/10182.pdf>
- Madrigal, J., Cabello, J., Sagastume, A., & Balbis, M. (2018). Evaluación de la Climatización en Locales Comerciales, integrando técnicas de Termografía, simulación y Modelado por elementos finitos. *Información Tecnológica*, 29(4), 179-188. Obtenido de <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=f53328ed-e1c9-4f3a-bcfe-839a05a548a0%40sdc-v-sessmgr02>
- Martin, E. (2014). *Diseño de un Sistema de Aire Acondicionado/Calefacción, Incluyendo Métodos Recuperativos y Energía Solar*. Valladolid: Universidad de Valladolid. Escuela de Ingenierías Industriales. Obtenido de <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/13191>
- Martinez, I. (2005). *Análisis de la información tecnica en equipos de climatización*. Sevilla, España: Escuela Superior de ingenieros, Universidad de Sevilla. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4049/fichero/MEMORIA.pdf>
- Mas, J. M. (2011). *Aire acondicionado. Clasificación y características de los sistemas*. Tucumán, Argentina: Universidad de Tucumán. Obtenido de Catedra de Acondicionamiento Ambiental II. Universidad Nacional de Tucumán: https://www.academia.edu/28315407/AIRE_ACONDICIONADO_CLASIFICACION_Y_CARACTERISTICAS_DE_LOS_SISTEMAS_Autor
- Matesanz, Á. (Setiembre de 2008). *Eficiencia energetica*. Obtenido de Ciudades para un futuro mas sostenible: <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-eficiencia-energetica.html>
- Ministerio de Energía y Minas. (Enero de 2009). *Guía de Estándares Mínimos de Eficiencia Energética*. Obtenido de

<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/electricidad/legislacion/guia%20estandares%20minimos%20de%20eficienc%20energt.pdf>

Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). *Normas Técnicas Peruanas*. Obtenido de Comité Técnico de Normalización:
http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=12&idTitular=3094&idMenu=sub3006&idCateg=742

Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). *Reglamento Técnico sobre el Etiquetado de Eficiencia Energética (RTEEE)*. Obtenido de
http://www.minem.gob.pe/_legislacionM.php?idSector=12&idLegislacion=11301

Ministerio de Energía y Minas. Perú. (26 de Octubre de 2009). *Plan Referencial del uso eficiente de la energía 2009-2018*. Obtenido de
[http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/Plan%20Referencial%20del%20Uso%20Eficiente%20de%20la%20Energ%202009-2018\(2\).pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/Plan%20Referencial%20del%20Uso%20Eficiente%20de%20la%20Energ%202009-2018(2).pdf)

Ortega, J. (2015). *Optimización Energetica de un Sistema de Climatización para un centro de datos*. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5994/Tesis.pdf?sequence=3>

Parreño, B. J. (2016). *Diseño y cálculo de un sistema industrial de climatización con unidades de paquete y split ducto para la Azucarera Valdez S.A. de la ciudad de Milagro*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Poveda, M. (Agosto de 2007). *Eficiencia Energética: Recurso no Aprovechado*. Obtenido de Propuesta para avanzar de las palabras a la acción:
<http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0054.pdf>

Real Academia de la Lengua Española. (s.f.). *Diccionario de la Lengua Española*. Obtenido de dle.rae.es/?ide=0zy8Rdp

Rodas, F. A. (2018). *Diseño de un Sistema de aire Acondicionado de bajocosto de operación para las Oficinas Administrativas del cuarto piso de Ingeniería. USAT*

– *CHICLAYO* . Chiclayo, Perú: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Serrano, J. L. (2017). *Determinación del Sistema de Climatización para una fábrica de helados utilizando el software CVAC ELITE*. Lima: Universidad Tecnológica del Perú. Obtenido de http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/984/1/Jorge%20Serrano_Trabajo%20de%20Suficiencia%20Profesional_Titulo%20Profesional_2017.pdf

Tomé, C. (06 de Junio de 2017). *Carnot y los comienzos de la termodinámica*. Obtenido de <https://culturacientifica.com/2017/06/06/carnot-los-comienzos-la-termodinamica-1/>

Viceministerio de Desarrollo Energético. (2013). *La Base de indicadores de eficiencia energetica en el marco de los sectores de Hidrocarburos y Electricidad*. Obtenido de <https://www.ariae.org> > file > download

ANEXOS